



HAL
open science

Génomique, post-génomique : enjeux de formation et prise en charge curriculaire pour les SVT

Magali Fuchs-Gallezot

► To cite this version:

Magali Fuchs-Gallezot. Génomique, post-génomique : enjeux de formation et prise en charge curriculaire pour les SVT. Education. École normale supérieure de Cachan - ENS Cachan, 2009. Français. NNT : . tel-00463153

HAL Id: tel-00463153

<https://theses.hal.science/tel-00463153v1>

Submitted on 11 Mar 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



ENSC-(n° d'ordre)

**THESE DE DOCTORAT
DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN**

Présentée par

Magali FUCHS-GALLEZOT

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'ECOLE NORMALE SUPERIEURE DE CACHAN

Domaine :
SCIENCES DE L'EDUCATION

**Génomique, post-génomique : enjeux de formation
et prise en charge curriculaire pour les SVT**

Thèse présentée et soutenue à Cachan le 10 décembre 2009 devant le jury composé de :

| | |
|--|---------------------|
| Madame Virginie Albe, Professeure à l'ENS Cachan | Examinatrice |
| Monsieur François Audigier, Professeur à l'Université de Genève | Rapporteur |
| Madame Maryline Coquidé, Professeure à l'INRP | Directrice de thèse |
| Monsieur Jean-Louis Martinand, Professeur émérite à l'ENS Cachan | Examineur |
| Monsieur Michel Morange, Professeur à l'Université Paris VI et à l'ENS Paris | Rapporteur |
| Monsieur Dominique Rojat, Inspecteur Général de l'Education Nationale | Examineur |

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

*« Traiter la question des contenus comme
l'obligation politique de définir
localement l'humanité toute entière. »*
François-Roger Gauthier, 2006

Remerciements

Au terme de cet itinéraire de formation, parfois chaotique, toujours enrichissant, je voudrais remercier ceux qui m'ont permis de pénétrer dans ce monde de la recherche en didactique des sciences.

Un grand merci tout d'abord à Maryline Coquidé, ma directrice de thèse, pour son accompagnement humain et scientifique sans faille tout au long de ce parcours.

Merci aux différents responsables et participants du séminaire doctorant pour leurs encouragements et pour leurs remarques critiques.

Merci à tous les membres du laboratoire STEF pour leur écoute, leur disponibilité et leurs conseils.

Que l'INRP et l'IUFM de Versailles soient remerciés pour le soutien qu'ils ont apporté à ce travail par l'octroi de décharges pour thèse.

Je remercie les membres du jury, Virginie Albe, François Audigier, Jean-Louis Martinand, Michel Morange et Dominique Rojat d'avoir examiné ce travail.

Je voudrais également remercier Benjamin, mon mari, Charlotte, Xavier et Maxime, mes enfants, pour leur soutien moral, leur affection et leur patience.

Enfin, j'ai une pensée spéciale pour mes parents, mon père notamment, et mes beaux-parents dont le soutien constant et la confiance ont été pour moi d'un grand réconfort.

TABLE DES MATIERES

| | |
|-------------------------|------|
| Table des matières..... | p.1 |
| Table des figures..... | p.9 |
| Table des tableaux..... | p.11 |
| Introduction | p.15 |

PARTIE I : Questionner la prise en charge curriculaire de pratiques de référence par des programmes élaborés pour une discipline scolaire de l'enseignement secondaire français.....

p.23

| | | |
|-----|--|------|
| I- | Pertinence pour la discipline scolaire, sciences de la vie et de la Terre (SVT), de questionner la prise en charge des développements de la génomique et de la post-génomique par les programmes d'enseignement mis en œuvre de 1996 à 2002..... | p.25 |
| | A. Dans un contexte de remise en question des programmes, une refonte complète des programmes d'enseignement de l'école primaire à la Terminale est entreprise..... | p.25 |
| | 1. Face aux enjeux de la démocratisation de l'éducation, une remise en question des contenus | p.25 |
| | 2. Face à la remise en question des contenus des programmes, la décision est prise sur le plan politique de mettre en place de nouvelles modalités d'élaboration des programmes : création du Conseil National des Programmes (CNP) et des Groupes Techniques Disciplinaires (GTD) | p.26 |
| | 3. Evolution des programmes de SVT depuis la publication de cet ensemble complet de programmes pour le secondaire français..... | p.29 |
| | B. Prendre en compte les évolutions disciplinaires, le cas de l'enseignement de la génétique dans l'enseignement secondaire français : éléments de didactique et d'histoire des sciences | p.31 |
| | 1. La génétique dans les programmes et manuels disciplinaires de l'enseignement secondaire antérieurs à 1995 : un enseignement à moderniser | p.31 |
| | 2. La génomique et la post-génomique : des développements au cœur du changement de vision qui touchent de nombreuses pratiques (scientifiques, médicales, industrielles, économiques, citoyennes, etc...) | p.33 |
| | 3. La génétique et ses implications sociales : un domaine d'intérêt pour les élèves | p.34 |
| II- | Questionner les rapports entre une discipline scolaire « en directives » et des contenus d'enseignement prescrits dans une perspective curriculaire..... | p.35 |
| | A. Discipline scolaire « en directives » et contenus d'enseignement : choix d'une approche descriptive | p.35 |
| | 1. Une discipline scolaire « en directives » : une discipline réduite aux textes officiels et située à l'articulation entre sa détermination et son application..... | p.35 |
| | 2. Les programmes d'enseignement : informer, coordonner, prescrire..... | p.35 |
| | 3. Questionnement didactique des contenus d'enseignement | |

| | | |
|------|---|------|
| | d'une discipline « en directives »..... | p.37 |
| B. | La discipline « en directives » questionnée selon la seule dimension didactique, un reflet de la discipline scolaire..... | p.39 |
| | 1. Discipline scolaire : une construction située au croisement de différentes logiques..... | p.39 |
| | 2. Discipline scolaire, contenus d'enseignement et programme d'enseignement : des compromis..... | p.48 |
| C. | Dimension didactique de la discipline scolaire : décrire les contenus, leur mode d'agencement au sein d'une discipline en directives..... | p.56 |
| | 1. La discipline scolaire, une construction d'ensemble à penser, à rendre intelligible..... | p.56 |
| | 2. Les contenus d'une discipline scolaire : des savoirs savants à transformer, des pratiques sociales de références à sélectionner, un ensemble qui constitue une culture scolaire..... | p.60 |
| III- | Questions de recherche et enjeux de la recherche..... | p.67 |
| | A. Questions de recherche | p.67 |
| | B. Une recherche en didactique..... | p.68 |
| | C. Enjeux de la recherche..... | p.69 |
| | 1. Enjeux didactiques et curriculaires..... | p.69 |
| | 2. Enjeux éducatifs..... | p.70 |

Partie II : Cadre d'analyse de la prise en charge curriculaire de pratiques de référence par les contenus des programmes d'enseignement publiés entre 1995 et 2002 pour les SVT.....

| | | |
|-----|---|-------------|
| | | p.71 |
| I. | Différents éléments composent les disciplines scolaires..... | p.72 |
| | A. Exemples d'éléments composant différentes disciplines scolaires ... | p.72 |
| | B. Repérage des éléments composant les programmes d'enseignement élaborés pour les SVT..... | p.73 |
| | C. Caractérisation des contenus | p.75 |
| | 1. Des contenus hétérogènes et variables composent les disciplines scolaires..... | p.75 |
| | 2. Les contenus explicités dans les programmes d'enseignement élaborés pour les SVT..... | p.76 |
| | 3. Les savoirs | p.77 |
| | 4. Les tâches | p.80 |
| | D. Caractérisation des visées | p.81 |
| | 1. Les programmes présentent différentes visées hiérarchisées..... | p.81 |
| | 2. Proposition d'une typologie des visées présentes dans les programmes de SVT..... | p.83 |
| | E. Caractérisation des méthodes d'enseignement..... | p.89 |
| | 1. Au collège..... | p.89 |
| | 2. Au lycée..... | p.90 |
| II. | Différents principes organisent les disciplines scolaires..... | p.91 |
| | A. Principes qui organisent les disciplines scolaires | p.91 |
| | B. Repérage de l'organisation des programmes élaborés pour les SVT | p.92 |
| | C. Les principes fondateurs | p.96 |
| | 1. Explicitation de différents paradigmes dans lesquels | |

| | |
|---|-------|
| s'inscrivent les enseignements de génétique présents dans les programmes de SVT publiés de 1995 à 2002..... | p.96 |
| 2. Explicitation des différentes cohérences « tâche-visée-référence »..... | p.102 |
| D. Les principes constructeurs | p.114 |
| 1. La mise en forme textuelle : des notions mises en relation entre elles et avec des énoncés factuels (réseau notionnel) et des énoncés de savoirs mis en relation avec différentes sous-parties ou parties d'un thème ou avec différentes thèmes (réseau thématique)..... | p.114 |
| 2. La mise en cohérence au niveau d'un thème ou d'un programme | p.115 |
| 3. L'organisation temporelle des programmes..... | p.118 |
| E. Récapitulation des principes constructeurs retenus pour notre questionnement (tableau 16)..... | p.127 |
| III. Différentes pratiques sociales de référence pour les différents éléments composant les disciplines scolaires..... | p.128 |
| A. Diversité des pratiques sociales de référence potentielles..... | p.128 |
| B. Diversité des caractéristiques de chaque pratique sociale : rendre compte de la cohérence propre de chaque pratique..... | p.129 |
| 1. Exemples de caractérisation de pratiques sociales de référence..... | p.129 |
| 2. Une pratique sociale de référence est une pratique qui implique des savoirs..... | p.130 |
| 3. Prendre en compte une pratique sociale de référence dans toutes ses dimensions..... | p.132 |
| 4. Prendre en compte les enjeux de formation d'une pratique sociale de référence | p.138 |
| 5. Les pratiques sociales, des références souvent implicites et partielles pour les SVT « en directives »..... | p.140 |

PARTIE III : Caractérisation comme pratiques sociales de référence de développements contemporains de la génétique : la génomique et la post-génomique.

| | |
|---|--------------|
| Proposition d'enjeux de formation pour ces pratiques et de pratiques contribuant à mieux les appréhender..... | p.143 |
| I. Démarches mises en œuvre..... | p.144 |
| A. ... Pour identifier et caractériser des pratiques sociales de référence relevant de la génomique et de la post-génomique..... | p.144 |
| 1. Constitution d'un corpus d'analyse..... | p.144 |
| 2. Elaboration de tableaux caractérisant les différentes pratiques sociales de référence relevant de la génomique et de la post-génomique..... | p.145 |
| 3. Des difficultés de caractérisation de pratiques en évolution ou en interactions avec d'autres pratiques..... | p.146 |
| B. ... Pour proposer des pratiques sociales de référence contribuant à mieux appréhender les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique..... | p.148 |

| | | |
|------|---|-------|
| 1. | Proposer des enjeux de formation associés aux pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique | p.148 |
| 2. | Proposer des pratiques sociales dont la mobilisation comme référence pour des contenus d'enseignement contribuera à mieux appréhender les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique | p.151 |
| II. | Caractérisation des pratiques sociales de recherche scientifique relevant de la génomique et de la post-génomique et enjeux de formation associés | p.151 |
| A. | La Génomique et la post-génomique, des pratiques de recherche en génétique qui ambitionnent une approche globale..... | p.151 |
| B. | Génomique et post-génomique des pratiques de recherche scientifique aux contours encore flous dans les années 90 : proposition d'une première caractérisation de ces deux types de pratiques de recherche..... | p.154 |
| 1. | Génomique, post-génomique des dénominations encore instables et pas toujours considérées comme des disciplines de recherche | p.154 |
| 2. | Caractérisation des approches globales structurales et fonctionnelles des pratiques de recherche scientifique en génomique et en post-génomique | p.156 |
| C. | Caractérisation des pratiques de recherche en génomique et des pratiques ayant inclus comme ressources matérielles ou intellectuelles des résultats ou techniques des pratiques de génomique..... | p.168 |
| 1. | Les pratiques de recherche scientifique en génomique | p.168 |
| 2. | Pratiques de recherche scientifique dont la problématique a été renouvelée par l'utilisation, comme ressource, des résultats et/ou des ressources matérielles des pratiques de recherche en génomique | p.177 |
| D. | La post-génomique : des pratiques de recherche en voie de constitution vers la fin des années 90 qui s'inscrivent dans la nouvelle vision et dont l'émergence est associée au renouveau de nombreuses pratiques de recherche..... | p.180 |
| 1. | Des pratiques de recherche qui s'inscrivent dans la nouvelle vision du vivant et qui s'accompagnent de besoin en biologie théorique..... | p.180 |
| 2. | L'affirmation de cette nouvelle vision est corrélée au renouveau de disciplines non centrées sur le niveau moléculaire : la fin d'un certain réductionnisme épistémologique ? (Stewart2004, Gros, 2003)..... | p.181 |
| E. | Proposition d'enjeux de formation des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique..... | p.182 |
| III. | Les pratiques de recherche médicale, les pratiques médicales et de production en génomique et en post-génomique..... | p.184 |
| A. | Les pratiques de recherche médicale et les pratiques médicales..... | p.184 |
| 1. | Les pratiques de recherche médicale en génomique et en post-génomique devraient permettre de mieux comprendre les maladies..... | p.184 |
| 2. | Les pratiques « médicales »..... | p.187 |
| B. | Caractérisation de pratiques de production industrielle et agricole... | p.192 |
| 1. | Pratiques de production industrielle et agricole..... | p.192 |

| | |
|--|-------|
| 2. Résultats des pratiques de production et des pratiques médicales et de recherche médicales s'appuyant sur les résultats et ressources des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique..... | p.194 |
| C. Exemple d'autres pratiques renouvelées par les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique : les pratiques judiciaires ou historiques | p.195 |
| D. Enjeux économiques des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique..... | p.196 |
| E. Quelques enjeux de formation pour les pratiques de recherche médicale, les pratiques médicales et les pratiques de production industrielle et agricole | p.197 |
| IV. Les pratiques citoyennes : mise en débat de l'impact sur la société des pratiques de recherche, des pratiques médicales et des pratiques de production industrielle et agricole..... | p.198 |
| A. Caractérisation des pratiques citoyennes..... | p.198 |
| 1. Les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique, des pratiques présentes dans la société qui questionnent..... | p.198 |
| 2. Rapports entre ces pratiques, l'état français et les citoyens | p.199 |
| 3. Les sciences participent à l'édification de notre monde commun..... | p.200 |
| 4. Exemples de mode d'organisation de l'action citoyenne... | p.201 |
| 5. Importance de la bioéthique | p.201 |
| 6. Prise en compte de l'éthique pour répondre à ces questions. | p.202 |
| B. Les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique, sources de nouvelles questions..... | p.203 |
| C. Exemple de la caractérisation de pratiques citoyennes autour des questions touchant à la transgénèse..... | p.207 |
| 1. Définir les pratiques en question..... | p.207 |
| 2. Les organismes génétiquement modifiés (OGM) : définition et caractérisation des techniques et méthodes d'obtention..... | p.209 |
| 3. Impacts des OGM en termes de risques et d'avantages..... | p.211 |
| 4. Caractérisation des ressources intellectuelles et méthodologiques que le citoyen peut mobiliser pour se faire une opinion, participer aux débats..... | p.212 |
| D. Le problème du dépôt de brevets sur le génome..... | p.213 |
| E. enjeux de formation pour les pratiques citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique..... | p.214 |
| V. Caractérisation de pratiques contribuant à mieux appréhender les pratiques de génomique et de post-génomique..... | p.215 |

PARTIE IV : Les SVT « en directives », une construction disciplinaire originale **p.217**

- I. Références sélectionnées pour les SVT « en directives » parmi des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou

| | |
|--|-------|
| parmi des pratiques contribuant à mieux les appréhender..... | p.219 |
| A. Méthodologie : analyse thématique d'un corpus de textes prescripteurs par une grille d'analyse dont les dimensions correspondent aux différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique..... | p.219 |
| 1. Constitution et standardisation du corpus d'analyse | p.220 |
| 2. Méthode d'analyse du corpus : analyse thématique du corpus en s'appuyant sur une grille d'analyse élaborée a priori à partir de la caractérisation de pratiques sociales de référence relevant de la génomique ou de la post-génomique ou facilitant l'appréhension de ces pratiques... | p.226 |
| 3. Résultats du codage et axes d'analyses retenus..... | p.237 |
| B. Résultats et analyse niveau par niveau..... | p.240 |
| 1. En troisième | p.240 |
| 2. En seconde | p.247 |
| 3. En première ES | p.255 |
| 4. En première L | p.265 |
| 5. En première S | p.275 |
| 6. En terminale S | p.283 |
| C. Analyse globale des résultats du codage..... | p.295 |
| 1. Repérage des pratiques sociales sélectionnées ou pas comme références pour les SVT « en directives »..... | p.295 |
| 2. Pratiques de référence sélectionnées et caractéristiques de pratiques retenues : esquisse de l'image des SVT « en directives » renvoyée par ces sélections..... | p.307 |
| II. Mise en forme et mise en cohérence des contenus se référant à des pratiques de transgénése et à des pratiques contribuant à l'appréhension de la post-génomique car s'inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.311 |
| A. Démarche de travail..... | p.311 |
| 1. Un corpus d'analyse restreint est élaboré à partir du corpus d'analyse initial..... | p.311 |
| 2. Examen des contenus et visées se référant à des pratiques de transgénése..... | p.312 |
| 3. Examen des contenus et visées se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.313 |
| 4. Méthodologie mise en œuvre pour examiner ces différents contenus..... | p.314 |
| B. Examen des contenus et visées des programmes de 3ème se référant à des pratiques de transgénése ou à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.316 |
| 1. Réseaux notionnels, cohérences thématiques et paradigmatiques | p.316 |
| 2. Cohérence au niveau du programme | p.326 |
| C. Examen des contenus et visées des programmes de 2nde se référant à des pratiques de transgénése et à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.329 |
| 1. Réseaux notionnels et cohérences thématiques et paradigmatiques | p.329 |
| 2. Inscription paradigmatique des contenus et visées se | |

| | |
|--|-------|
| référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision. | p.344 |
| 3. Cohérence au niveau du programme de seconde..... | p.345 |
| D. Examen des contenus et visées des programmes de première ES se référant à des pratiques de transgénèse ou à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.353 |
| 1. Réseaux notionnels et cohérences thématiques et paradigmatiques | p.353 |
| 2. Cohérence programmatique (1 ^{ère} ES)..... | p.387 |
| E. Examen des contenus et visées des programmes de 1 ^{ère} L se référant à des pratiques de transgénèse ou à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.392 |
| 1. Réseau notionnel et cohérences thématiques et paradigmatiques pour les contenus et visées se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision du thème « représentation visuelle du monde » /1 ^{ère} L..... | p.393 |
| 2. Cohérence programmatique des unités d’analyse se référant à des pratiques de transgénèse et des unités d’analyse se référant à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.399 |
| F. Examen des contenus et visées des programmes de 1 ^{ère} S se référant à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.401 |
| 1. Réseau thématique d’inscription des unités d’analyse de savoir se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.401 |
| 2. Cohérences thématique et programmatiques des unités d’analyse de savoir se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.406 |
| G. Examen des contenus et visées du programme d’enseignement obligatoire de terminale S se référant à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.409 |
| 1. Réseau thématique d’inscription des unités d’analyse de savoir se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.410 |
| 2. Cohérences thématiques et programmatiques des unités d’analyse de savoir se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.412 |
| H. Examen des contenus et visées des programmes de terminale S-spécialité se référant à des pratiques de transgénèse..... | p.415 |
| 1. Réseau notionnel des unités de savoir se référant à des pratiques de transgénèse : insertion de la notion de transgénèse..... | p.418 |
| 2. Cohérences des savoirs, des tâches et des références de la sous-partie « La transgénèse et la construction d’organismes génétiquement modifiés (OGM) »..... | p.421 |
| 3. Cohérences thématiques des savoirs, des tâches et des références de la sous-partie « La transgénèse et la construction d’organismes génétiquement modifiés (OGM) » (TS, thème II, spécialité)..... | p.425 |

| | |
|---|-------|
| I. Proposition de principes de progressivités pour des notions et des tâches : exemple des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse..... | p.428 |
| J. Exemples de continuités, discontinuités et de ruptures pour les différents cursus (cf. Tableau 15)..... | p.439 |
| 1. Présence dans les différents niveaux d'unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse et principales pratiques de références sélectionnées..... | p.439 |
| 2. Présence dans les différents niveaux des unités d'analyse correspondant à des savoirs se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.442 |
| III. Discussion des résultats et de leur analyse..... | p.447 |
| A. Discussion des méthodologies et démarches mises en œuvre | p.447 |
| 1. Pour proposer des pratiques de références..... | p.447 |
| 2. Pour proposer des caractéristiques de références..... | p.449 |
| 3. Pour proposer des réseaux notionnels, thématiques, des mises en cohérence thématique, programmatique, des principes de progressivité ou des continuités, discontinuités ou ruptures..... | p.449 |
| B. Discussion des sélections de référence opérées et des modes d'agencement retenus pour les SVT « en directives » | p.450 |
| 1. Des pratiques absentes... mais des pratiques contribuant à faciliter leur appréhension présentes..... | p.450 |
| 2. Les sélections de référence opérées pour les contenus et les visées et leur mode d'agencement ne rendent que partiellement compte des pratiques..... | p.452 |
| 3. La caractérisation des sélections opérées et des modes d'agencement retenus pour les contenus d'enseignement de génétique constitue un reflet des SVT « en directives » | p.458 |
| C. Discussion des conséquences des sélections de référence opérées et des modes d'agencement retenus pour la notion de transgénèse et les contenus se référant à la nouvelle vision : esquisse d'une culture scolaire | p.459 |
| 1. Esquisse d'une culture scolaire pour la notion de transgénèse | p.459 |
| 2. Esquisse d'une culture scolaire pour l'établissement d'un phénotype | p.460 |
| Conclusions | p.463 |
| Bibliographie | p.467 |

Table des figures

Introduction

Figure 1 : Organigramme de la thèse p.7

Partie I :

Figure 2 : Schéma de la transposition didactique au sens restreint (d'après Chevallard, 1985)..... p.61

Partie II :

Figure 3 : Organisation structurée et commune des programmes d'enseignement de SVT..... p.94

Figure 4 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT au collège..... p.104

Figure 5 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en troisième p.105

Figure 6 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les sciences au lycée p.106

Figure 7 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en seconde (2^{nde}) p.107

Figure 8 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en première ES p.108

Figure 9 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en première L p.109

Figure 10 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en première S p.110

Figure 11 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en terminale S p.111

Figure 12 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en TS- spécialité – thème II.... p.112

Figure 13 : Cadre d'analyse de la prise en charge de pratiques sociales par une discipline « en directives »..... p.141

Partie IV

Figure 14 : Réseau notionnel de la partie 1 du thème A de 3^{ème} contenant des unités se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision..... p.317

Figure 15 : Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel de l'unité d'analyse incluant la notion « modification du patrimoine génétique » (3^{ème}, thème E, sous-partie 2.2)..... p.322

Figure 16 : Proposition d'une représentation spatiale d'une cohérence programmatique pour les unités des thèmes A et E (3^{ème})..... p.327

Figure 17 : Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel des énoncés de la partie 2 dans laquelle s'inscrit l'unité d'analyse incluant la notion de « transgénèse » (thème)..... p.330

Figure 18 : Proposition de la mise en cohérence thématique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse (thème II, 2^{nde})..... p.335

| | |
|--|-------|
| Figure 19 : Proposition d'une représentation spatiale des tensions en termes de référence entre les contenus des programmes et les énoncés des documents d'accompagnement (partie 3, thème II, 2 ^{nde})..... | p.339 |
| Figure 20 : Cohérence thématique pour les énoncés de la partie 3 du thème II (2 ^{nde})..... | p.341 |
| Figure 21 : Mode d'agencement programmatique pour les unités d'analyse incluant la notion de « transgénèse » (2 ^{nde})..... | p.346 |
| Figure 22 : Mode d'agencement programmatique pour les contenus en tension en termes de référence avec les documents d'accompagnement (2 ^{nde})..... | p.348 |
| Figure 23 : Proposition d'une mise en cohérence « thématique » pour les thèmes au choix du programme de 2 ^{nde} | p.350 |
| Figure 24 : Mode d'agencement programmatique pour les contenus en tension en termes de référence avec les documents d'accompagnement (2 ^{nde})..... | p.352 |
| Figure 25 : Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel de la partie 2 du thème « le bois : une ressource naturelle » dans laquelle s'inscrit l'unité d'analyse incluant la notion de « transgénèse » à partir des programmes de 1 ^{ère} ES. | p.356 |
| Figure 26 : Proposition d'une représentation du réseau notionnel incluant la notion de transgénèse (programmes + documents d'accompagnement) (1 ^{ère} ES)..... | p.357 |
| Figure 27 : Proposition d'un réseau notionnel à partir des énoncés du programme et des documents d'accompagnement de la partie incluant la notion de « transgénèse » (1 ^{ère} ES)..... | p.364 |
| Figure 28 : Cohérence des parties 1 et 2 avec les visées du thème « génotype/phénotype » | p.369 |
| Figure 29 : Proposition de mise en cohérence thématique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse (1 ^{ère} ES)..... | p.373 |
| Figure 30 : Proposition d'un réseau notionnel à partir des énoncés du programme et des DA de la partie 2 (1 ^{ère} ES)..... | p.378 |
| Figure 31 : 1ES- partie 2. Cohérence thématique..... | p.381 |
| Figure 32 : partie 1-1 ^{ère} ES. Cohérence thématique..... | p.383 |
| Figure 33 : Parties 1 et 2. Cohérence thématique (1 ^{ère} ES)..... | p.385 |
| Figure 34 : Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel formé par les énoncés et notions des deux unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1 ^{ère} L/ thème « représentation visuelle du monde »)..... | p.394 |
| Figure 35 : Proposition d'une mise en cohérence programmatique en 1 ^{ère} L (programme + documents d'accompagnement) | p.400 |
| Figure 36 : Proposition de mise en cohérence programmatique des visées, tâches et références du programme et des thèmes de 1 ^{ère} S..... | p.407 |
| Figure 37 : Mise en cohérence programmatique et thématique des visées, tâches et références du programme, des thèmes de TS –obligatoire..... | p.413 |
| Figure 38 : Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel des unités d'analyse de savoir de la partie 5 qui se réfèrent à des pratiques de transgénèse (TS- spécialité- thème II)..... | p.419 |
| Figure 39 : Mise en cohérence thématique (thème II, TS- Spécialité) (programmes)..... | p.423 |
| Figure 40 : Mise en cohérence thématique (thème II, TS- Spécialité) (programmes + documents d'accompagnement)..... | p.424 |
| Figure 41 : Mise en cohérence thématique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse (thème II, TS- spécialité)..... | p.426 |

TABLE DES TABLEAUX

Partie I

| | |
|--|------|
| Tableau 1 : Caractérisation d'une discipline scolaire par André Chervel et Maurice Sachot..... | p.40 |
| Tableau 2 : Exemples de caractérisation de la notion de curriculum | p.43 |
| Tableau 3 : Caractérisation des différentes notions de curriculum (d'après Martinand, 2005c, Forquin 2005, Perrenoud 1994)..... | p.46 |
| Tableau 4 : Comparaison des matrices idéologiques en France et en Grande Bretagne pour l'éducation à la citoyenneté (d'après Sachot)..... | p.50 |
| Tableau 5 : Questionnements permis par la notion de pratique sociale de référence (d'après Martinand, 1986)..... | p.63 |

Partie II

| | |
|--|-------|
| Tableau 6 : Explicitation des contenus d'une discipline scolaire (d'après Develay, 1992)..... | p.75 |
| Tableau 7 : Tableau récapitulatif des propositions de visées et de finalités pour les SVT « en directives »..... | p.86 |
| Tableau 8 : Tableau caractérisant les disciplines de service, d'ouverture et de cœur (d'après Martinand, 1994a)..... | p.88 |
| Tableau 9 : Tableau recensant les caractéristiques des deux visions en tension dans le champ des recherches scientifiques en génétique..... | p.98 |
| Tableau 10 : Inscription des contenus d'enseignement en génétique dans les différentes visions (contenus des programmes publiés au bulletin officiel (BO) de 1995 à 2002 pour les SVT)..... | p.101 |
| Tableau 11 : Typologie et caractérisation des modes d'intégration d'une notion ou d'un savoir au sein d'un réseau de cohérence thématique (voire programmatique) (inspiré de Lebeaume, 1999)..... | p.117 |
| Tableau 12 : Principes de progressivité des notions (d'après Paindorge (2007)..... | p.119 |
| Tableau 13 : Principes de progressivité retenus pour les notions | p.122 |
| Tableau 14 : principes de progressivité des tâches (d'après Lebeaume, 1999)..... | p.123 |
| Tableau 15 : Critères de caractérisation des notions de continuité, de discontinuité et de rupture (en partie d'après Lebeaume, 1999)..... | p.126 |
| Tableau 16 : Principes constructeurs retenus pour questionner la prise en charge curriculaire par les programmes de SVT des savoirs et des tâches se référant à des pratiques de transgénése et à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.127 |
| Tableau 17 : Tableau récapitulatif différentes caractéristiques retenues pour les pratiques de recherche scientifique | p.134 |
| Tableau 18 : Tableau récapitulatif différentes caractéristiques retenues pour les pratiques de production industrielle et agricole | p.135 |
| Tableau 19 : Tableau récapitulatif différentes caractéristiques retenues pour les pratiques médicales..... | p.136 |
| Tableau 20 : Tableau récapitulatif différentes caractéristiques retenues pour les pratiques citoyennes..... | p.137 |
| Tableau 21 : Tableau récapitulatif différentes caractéristiques retenues pour les pratiques scientifique, médicale et industrielle en évolution..... | p.138 |
| Tableau 22 : Questions de recherche et parties du cadre d'analyse mobilisées..... | p.142 |

Partie III

| | |
|---|-------|
| Tableau 23 : Récapitulatif des principales caractéristiques retenues pour les différentes pratiques sociales..... | p.145 |
| Tableau 24 : Explication des différentes compétences associées aux enjeux de formation..... | p.150 |
| Tableau 25 : Proposition de différents enjeux de formation pour les pratiques de recherche en génomique (approches structurales) et en post-génomiques (approches structurales et fonctionnelles)..... | p.183 |
| Tableau 26 : Proposition de différents enjeux de formation pour les pratiques de recherche médicales, les pratiques médicales et les pratiques de production industrielle et agricole..... | p.197 |
| Tableau 27 : Recensement des questions les plus fréquentes soulevées par les développements des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique... | p.204 |
| Tableau 28 : Caractérisation partielle de pratiques associées à la transgénèse..... | p.208 |
| Tableau 29 : Caractérisation partielle des pratiques de production d'OGM..... | p.209 |
| Tableau 30 : Différents impacts des pratiques de production des OGM en termes de risques et d'avantages..... | p.211 |
| Tableau 31 : Proposition de différents enjeux de formation pour les pratiques citoyennes..... | p.214 |

Partie IV

| | |
|---|-------|
| Tableau 32 : Récapitulatif des liens entre « savoirs, tâches et visées » et les différents types d'unité d'analyse..... | p.223 |
| Tableau 33 : Codification des unités d'analyse rendant compte de leur nature et de leur insertion dans le programme..... | p.224 |
| Tableau 34 : Extrait du corpus d'analyse de la classe de 3 ^{ème} | p.225 |
| Tableau 35 : Règles à respecter dans la constitution d'une grille d'analyse (d'après Weil -Barais, 2000)..... | p.227 |
| Tableau 36 : Caractérisation des dimensions et sous-dimensions de la grille d'analyse proposée et codification..... | p.231 |
| Tableau 37 : Extrait du tableau 51 présentant le résultat du codage des unités d'analyse correspondant à des visées pour la classe de 3 ^{ème} | p.236 |
| Tableau 38 : Extrait du tableau 57 des annexes de la partie III qui propose des caractéristiques de pratiques de sociales auxquelles les contenus et visées peuvent se référer..... | p.238 |
| Tableau 39 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (3 ^{ème})..... | p.241 |
| Tableau 40 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (2 nd)..... | p.248 |
| Tableau 41 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (1 ^{ère} ES)..... | p.256 |
| Tableau 42 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (1 ^{ère} L)..... | p.266 |
| Tableau 43 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (1 ^{ère} S)..... | p.276 |
| Tableau 44 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (TS- partie commune)..... | p.284 |

| | |
|--|-------|
| Tableau 45 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (TS- spécialité)..... | p.288 |
| Tableau 46 : Nombre cumulé pour les classes de 3 ^{ème} , 2 ^{nde} , 1ères ES, L et S, et Terminale S des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions | p.296 |
| Tableau 47 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (pour les classes de 3 ^{ème} , 2 ^{nde} , 1ères ES, L et S, et Terminale S)..... | p.300 |
| Tableau 48 : Explicitation des principales analyses conduites sur les textes de programme et sur les documents d'accompagnement pour proposer les différents modes d'agencement..... | p.314 |
| Tableau 49 : Mise en cohérence thématique partielle des savoirs, des visées et des références..... | p.319 |
| Tableau 50 : Proposition d'une cohérence thématique entre les visées, la démarche d'enseignement et les références du thème et l'unité d'analyse incluant la notion de « modification du patrimoine génétique », les tâches associées et leurs références (3 ^{ème} , Thème E)..... | p.324 |
| Tableau 51 : Inscription des unités d'analyse du programme de la partie II et des énoncés associés des documents d'analyse (2 ^{nde})..... | p.344 |
| Tableau 52 : Organisation du programme de 1 ^{ère} ES. Les thèmes incluant les unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse sont surlignés en jaune.. | p.354 |
| Tableau 53 : Organisation du thème « une ressource naturelle : le bois » (1 ^{ère} ES).. | p.355 |
| Tableau 54 : Proposition d'une mise en cohérence thématique de l'unité d'analyse incluant la notion de transgénèse (1 ^{ère} ES, thème bois)..... | p.361 |
| Tableau 55 : Mise en cohérence thématique (1 ^{ère} ES – transgénèse)..... | p.388 |
| Tableau 56 : Mise en cohérence thématique (1 ^{ère} ES – unités d'analyse se référant à des pratiques inscrites dans la nouvelle vision)..... | p.391 |
| Tableau 57 : Récapitulatif des unités d'analyse concernées (1 ^{ère} L)..... | p.393 |
| Tableau 58 : Proposition d'une mise en cohérence thématique des visées, activités, parties du thème et unités d'analyse (1 ^{ère} L/ vision)..... | p.397 |
| Tableau 59 : Organisation du programme de 1 ^{ère} S et repérage des thèmes comprenant des unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (surlignés en jaune)..... | p.402 |
| Tableau 60 : Repérage des références sélectionnées pour les différents énoncés de savoir des sciences de la vie : mode d'insertion thématique des unités de savoir se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1 ^{ère} S)..... | p.403 |
| Tableau 61 : Organisation du programme d'enseignement obligatoire de TS et repérage (en les surlignant en jaune) des thèmes incluant des unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche scientifique s'inscrivant dans la nouvelle vision..... | p.409 |
| Tableau 62.a : Repérage des références sélectionnées pour les différents énoncés de savoir des sciences de la vie : mode d'insertion thématique des unités de savoir se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (TS- partie obligatoire)..... | p.411 |
| Tableau 62.b : Organisation du programme d'enseignement de spécialité de TS et repérage (en les surlignant en vert) des thèmes incluant des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse..... | p.416 |
| Tableau 63 : Repérage de l'inscription des cinq unités d'analyse dans l'organisation du thème 2 (TS- spécialité)..... | p.417 |

| | |
|--|-------|
| Tableau 64 : Proposition de principes de progressivité pour la notion de transgénèse dans les unités d'analyse correspondant à des savoirs..... | p.429 |
| Tableau 65 : Principe de progressivité des tâches associées à la notion de transgénèse dans les unités d'analyse correspondant à des tâches..... | p.435 |
| Tableau 66 : Présence de la notion de transgénèse dans les unités d'analyse correspondant à des savoirs et à des tâches et rappel des propositions de pratiques de référence..... | p.439 |
| Tableau 67 : Nombre d'unités d'analyse correspondant à des savoirs et se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision, modes d'insertion dans les réseaux notionnels ou thématiques..... | p.443 |

INTRODUCTION

Nous souhaitons questionner les **rappports** entre **discipline scolaire et contenus d'enseignement** dans une perspective curriculaire.

Les **sciences de la vie et de la Terre (SVT), discipline scolaire de l'enseignement secondaire général français**, constituent de « grands ensembles ». Ces « grands ensembles » structurent les enseignements centrés sur le vivant et la Terre. Ils sont dotés de principes constructifs et de caractéristiques sociales, temporelles et organisationnelles. Les SVT enseignées au collège ou au lycée dans les différentes filières d'enseignement général se distinguent notamment par les visées, le type d'évaluation, les dispositifs et les contenus d'enseignement pensés et mis en œuvre.

La **sélection et la construction des contenus d'enseignement en relation avec les visées de la discipline scolaire et avec celles plus générales du collège ou du lycée d'enseignement général** constituent deux des problèmes de construction curriculaire identifiés par Martinand (2000a; 2003a) et Lebeaume (1999) pour l'éducation technologique.

« **Permettre aux jeunes de construire leur vie personnelle, leur vie professionnelle et d'être des citoyens responsables** »¹ nécessite de prendre en compte les reconfigurations du savoir, les transformations de la société lors de l'élaboration d'une discipline scolaire. Permettre au futur individu, travailleur et citoyen **de pouvoir établir des comparaisons** entre ses apprentissages scolaires et les situations auxquelles il est confronté pose également le **problème du choix des références** des contenus d'enseignement.

Il s'agira, pour l'ensemble du cursus d'enseignement général du secondaire français, de questionner la discipline scolaire SVT du point de vue des références sélectionnées pour ses contenus et de leur mode d'agencement disciplinaire.

La question d'une mise en correspondance possible entre des contenus d'enseignement et leurs références ainsi que celle de la « culture scolaire » véhiculée par cette discipline scolaire seront mises en discussion.

¹ Charte des programmes du 13 novembre 1991 (BO n°8 du 20 février 1992)

Ce questionnaire présente une double limitation.

Une première limitation concerne la discipline scolaire.

Nous ne questionnerons la discipline scolaire, SVT, qu’au travers des programmes d’enseignement élaborés pour elle. Cette restriction à une discipline scolaire « en directives » (Lebeaume, 2008a) ne permettra qu’une **approche descriptive** des contenus construits dans ce cadre.

La seconde limitation concerne l’extension des références potentielles prises en compte.

Afin de pouvoir identifier la spécificité de la sélection de références opérée lors de la construction des programmes pour la discipline scolaire, nous avons choisi de limiter les références à celles associées aux développements de pratiques potentiellement importantes pour un futur individu, scientifique ou citoyen.

Choix de la discipline scolaire « en directives » et des références questionnées.

Choix des programmes d’enseignement mis en œuvre entre 1996 et 2002 pour l’enseignement des SVT

Nous avons choisi de questionner les programmes d’enseignement élaborés pour les SVT lors de la refonte des programmes entamée dans le début des années quatre-vingt-dix après la mise en place du Conseil national des programmes (créé en 1989). Ces programmes mis en œuvre de 1996 à 2002² concernaient l’ensemble du cursus scolaire (de la sixième à la Terminale). Les programmes d’enseignement pour les SVT en collège ont depuis été remaniés. Les programmes d’enseignement pour le lycée sont toujours en vigueur.

Deux raisons à ce choix.

² Les références des textes officiels publiés au bulletin officiel (BO) pour ces différents programmes sont indiquées dans la bibliographie et récapitulées dans le **tableau 1** des Annexes de la partie I.

La première est qu'il s'agit du plus récent ensemble complet de programmes élaborés globalement pour l'ensemble de l'enseignement secondaire général. Soumettre ce « grand ensemble » de programmes élaborés pour une discipline scolaire devrait permettre de caractériser les sélections de références opérées pour les contenus, leur mode d'agencement dans le cadre disciplinaire et donc de mettre en discussion les mises en correspondance possibles entre ces contenus et leur(s) référence(s) et le type de culture scolaire potentiellement construit pour ces références.

La seconde est qu'ils ont été élaborés dans un contexte de réforme visant une « modernisation » des contenus en s'appuyant sur une modification des modalités d'élaboration des programmes.

Choix de s'intéresser à la sélection de références pour l'élaboration des programmes de SVT parmi les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique.

Le choix s'est porté sur la génomique et la post-génomique pour trois raisons.

Le développement de la génomique et de la post-génomique est concomitant à la refonte des programmes engagée durant la période du CNP.

Il se traduit par une grande diversité de pratiques : scientifique, médicale, industrielle, citoyenne, etc...

Il entraîne des évolutions qui génèrent de nombreuses questions aussi bien dans le domaine scientifique (mise en place d'une « big science » en biologie, affirmation d'une nouvelle vision), médical (émergence de nouvelles pratiques comme la médecine prédictive), éthique (réduction de l'homme à son génome par exemple), économique (génome et brevet) que social (fiabilité et usages des tests génétiques, constitution et usages des banques de données, construction et usage des organismes génétiquement modifiés (OGM)), etc...

De forts **enjeux de formation et de société** lui sont donc associés.

La prise en compte de ces deux limitations conduit à préciser notre questionnement.

L'ensemble des programmes élaborés pour les SVT pour l'enseignement secondaire français (publiés au BO entre 1995 et 2002) sera donc questionné du point de vue des références relatives aux développements de la génomique et de la post-génomique sélectionnées pour les

contenus d'enseignement et de leur mode d'agencement (ou modalités de construction) dans le cadre disciplinaire des SVT.

Il s'agira dans un premier temps **d'identifier les références sélectionnées** lors de l'élaboration des programmes après avoir dressé un **panorama large des pratiques** associées aux développements de la génomique et de la post-génomique.

Un examen de la prise en charge curriculaire par les programmes d'enseignement pour les SVT de deux ensembles de pratiques à forts enjeux de formation sera ensuite conduit. Il s'agira de caractériser les éléments de programme se rapportant à ces références et de **décrire leur mode d'agencement au sein des programmes considérés à différentes échelles** : partie de programme, programme annuel et ensemble des programmes pour l'enseignement secondaire.

Les deux ensembles de pratiques retenues sont celles s'inscrivant dans la nouvelle vision du vivant et celles incluant la notion de « transgénése ».

La caractérisation des éléments des programmes se rapportant à ces deux ensembles de références et la description de leur mode d'agencement devrait permettre de **discuter d'une part, la mise en correspondance possible** entre les contenus d'enseignement élaborés et les références sélectionnées et d'autre part les contours de **la « culture scolaire »** dessinés par cette discipline pour ces deux ensembles de références.

Notre recherche est donc une recherche didactique qui vise, pour les SVT, par une approche descriptive des programmes à expliciter les sélections opérées parmi des références possibles pour les contenus et à décrire leurs modes d'agencement.

Les conséquences des sélections de références et des modes d'agencement disciplinaire des contenus en termes de mises en correspondance possibles des contenus avec les références et du type de « culture scolaire » dessinée seront mises en discussion.

L'Organisation du mémoire pour répondre à ce questionnaire

Une première partie vise, après avoir rappelé un certain nombre d'éléments de contexte concernant l'élaboration des programmes d'enseignement pour les SVT et les enjeux d'une modernisation de l'enseignement de la génétique délivré par les disciplines scolaires du

secondaire, à préciser le **cadre théorique** dans lequel s'inscrit le questionnement afin de formuler les **questions de recherche**.

Le caractère didactique de cette recherche ainsi que ses enjeux seront explicités.

Dans **une deuxième partie**, nous expliciterons le **modèle d'analyse** élaboré pour questionner la prise en charge de références par des programmes d'enseignement disciplinaire pour l'ensemble de l'enseignement secondaire.

Les éléments d'identification et de caractérisation de pratiques associées aux développements de la génomique et de la post-génomique et pouvant potentiellement être prises comme référence pour les SVT seront présentés dans **une troisième partie**.

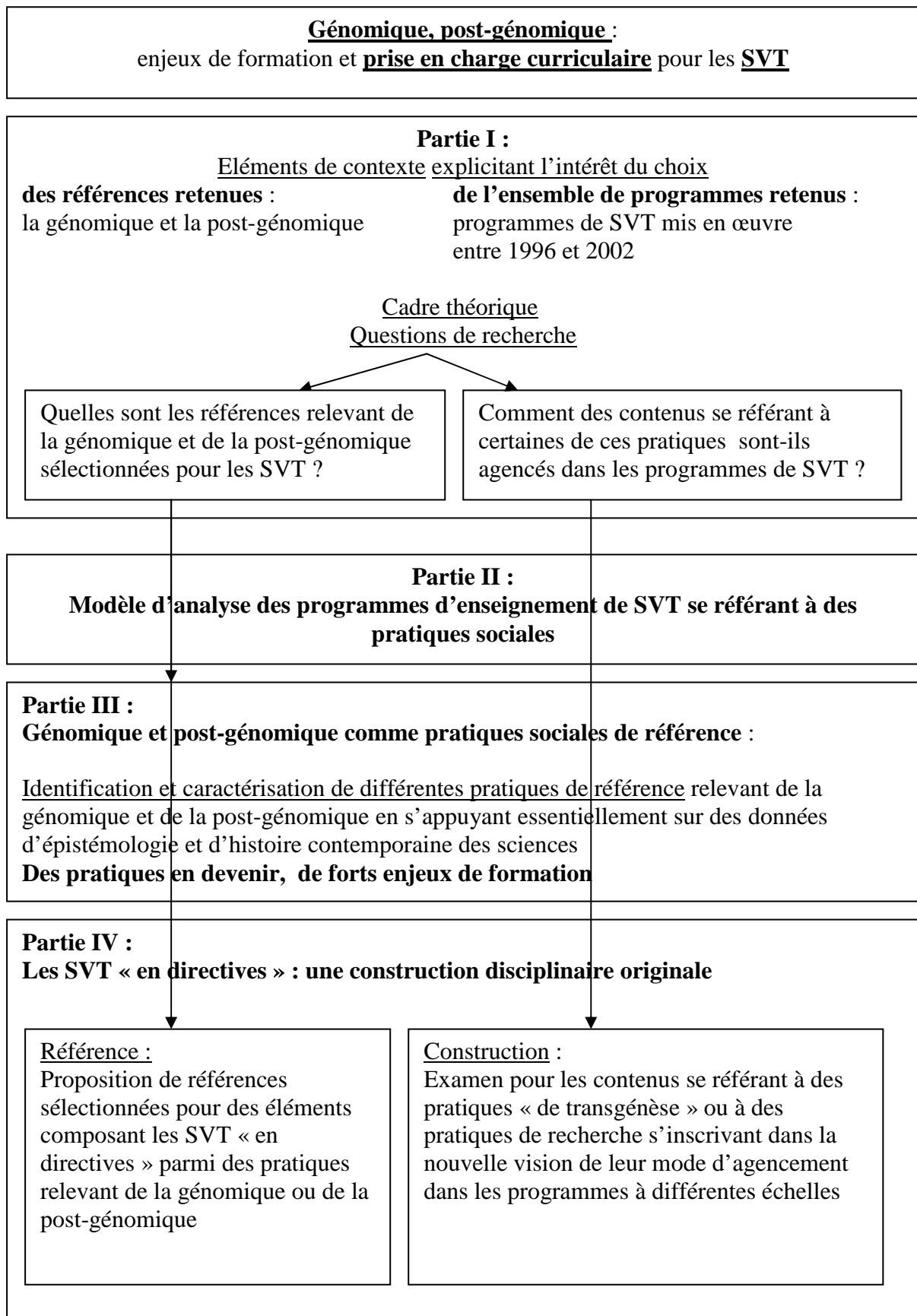
Enfin, la **quatrième partie** présentera les résultats de l'examen des programmes et leur analyse.

Les références sélectionnées seront identifiées en s'appuyant sur l'identification et la caractérisation des pratiques réalisées dans la troisième partie.

Pour les contenus du programme se référant à des pratiques de transgénèse et des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision, leur mode d'agencement dans les programmes à différentes échelles sera examiné.

Ces résultats et leur analyse permettront de discuter de la mise en correspondance possible de ces constructions disciplinaires de contenu(s) et de leurs référence(s) ainsi que des contours d'une « culture scolaire » pour ces références.

Figure 1 : Organigramme de la thèse



PARTIE I :

**Questionner la prise en charge curriculaire
de pratiques de référence par des
programmes élaborés pour une discipline
scolaire de l'enseignement secondaire
français**

L'objectif de ce mémoire est de questionner les relations entre une discipline scolaire « en directives », les SVT, et certains de ses contenus d'enseignement. Il se centre sur la sélection de références relatives aux développements de la génomique et de la post-génomique pour les contenus de SVT et de leurs modalités de construction dans ce cadre disciplinaire.

Cette première partie vise d'abord à rappeler quelques éléments de contexte qui justifient la pertinence pour notre questionnement d'examiner la prise en charge des développements de la génomique et de la post-génomique par l'ensemble des programmes mis en œuvre de 1996 à 2002.

Elle vise ensuite à expliciter le cadre théorique dans lequel s'inscrit notre questionnement.

Enfin, après avoir formulé les questions de recherche, le caractère didactique de cette recherche sera justifié et ses principaux enjeux précisés.

I- Pertinence pour la discipline scolaire, sciences de la vie et de la Terre (SVT), de questionner la prise en charge des développements de la génomique et de la post-génomique par les programmes d'enseignement mis en œuvre de 1996 à 2002

A. Dans un contexte de remise en question des programmes, une refonte complète des programmes d'enseignement de l'école primaire à la Terminale est entreprise

1. Face aux enjeux de la démocratisation de l'éducation, une remise en question des contenus

Les raisons de la remise en cause des programmes

En 1975, la Loi Haby résultait de la volonté politique de renoncer aux orientations précoces et de donner un même enseignement à tous jusqu'à la fin de la troisième. La loi, essentiellement structurelle, n'abordait pas la question des contenus. Les disciplines académiques de l'ancien secondaire continuaient à structurer l'enseignement délivré par le collège unique.¹

Au milieu des années 1980, **les contenus d'enseignement portés par les programmes scolaires ont été mis en question.** Jusqu'alors les programmes scolaires avaient fait consensus, aussi bien auprès des enseignants que des parents. Incarnation institutionnelle des savoirs légitimes et indispensables, ils constituaient une référence largement admise pour préparer les jeunes à leur vie d'adulte, soit en leur inculquant les bases incontournables de l'enseignement primaire, soit en les élevant à une culture universitaire².

D'après Raulin (2006), plusieurs facteurs ont contribué à la déstabilisation du consensus autour des programmes scolaires : l'allongement de la scolarité jusqu'à 16 ans, la **nécessité**

¹ RAULIN, D. (2006). *Les programmes scolaires. Des disciplines souveraines au socle commun*. Paris : Editions Retz.

² Raulin (2006)

d'une adaptation constante des contenus d'enseignement à l'avancée des connaissances et l'ouverture de l'institution scolaire à des disciplines en pleine émergence.

Les réponses politiques : des réflexions sur les contenus enseignés

En 1985 et en 1989, deux rapports se succèdent³ qui dénoncent la perpétuation de savoirs périmés qu'ils imputent à un certain corporatisme des disciplines, une tendance à l'encyclopédisme, la prétention à l'exhaustivité et l'existence de préalables présentés comme « pré requisits absolus ». Ils proposent de soumettre le contenu des enseignements à une révision périodique afin de moderniser les savoirs, supprimer les connaissances périmées ou secondaires et introduire de façon pertinente les acquis nouveaux.⁴

Afin de rompre avec les conservatismes, ils proposent de modifier les méthodes d'élaboration des programmes.⁵

2. Face à la remise en question des contenus des programmes, la décision est prise sur le plan politique de mettre en place de nouvelles modalités d'élaboration des programmes : création du Conseil National des Programmes (CNP) et des Groupes Techniques Disciplinaires (GTD)

Une loi et un décret qui modifient le dispositif de rédaction des programmes

La loi d'orientation du 10 juillet 1989⁶ et le décret du 23 février 1990 instituent le Conseil National des Programmes⁷ (CNP) qui « [...] *donne des avis et adresse des propositions au*

³ Le rapport du Collège de France, « Proposition pour l'enseignement de l'avenir » (Pierre Bourdieu), le 27 mars 1985 et le rapport Bourdieu- Gros en avril 1989.

⁴ La réflexion entamée à cette occasion autour des savoirs à enseigner à été poursuivie à la fin des années 90 par l'organisation d'une consultation large concernant les savoirs à enseigner au lycée. Consultation initiée par Claude Allègre et pour laquelle Philippe Mérieu a rédigé un rapport d'étape en 1998 (http://www.sauv.net/rapport_merieu.htm)

⁵ Raulin (2006)

⁶ Cette loi comporte également la mise en place des cycles en primaire, la création des IUFM, l'objectif de 80% d'élèves au niveau bac, l'affirmation que l'élève est au centre du système éducatif.

⁷ Depuis, le Haut Conseil de l'Éducation, organisme consultatif, institué par l'article 14 de la loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'école du 23 avril 2005 a été substitué au Conseil National des Programmes.

ministre de l'Education nationale sur la conception générale des enseignements, les grands objectifs à atteindre, l'adéquation des programmes et des champs disciplinaires à ces objectifs et leur adaptation au développement des connaissances »⁸. Instance interdisciplinaire, il est composé de 9 chercheurs, 1 chef d'établissement, 8 enseignants (primaire ou secondaire), deux chefs d'entreprise et un inspecteur général.

Modalités d'élaboration des programmes

Des groupes autonomes et indépendants sont chargés de rédiger les programmes d'enseignement.

*« Sur la base des orientations retenues par le ministre, des projets de programmes portant sur les contenus et les méthodes sont élaborés dans le cadre de **groupes disciplinaires**, interdisciplinaires ou par niveaux d'enseignement, comportant des représentants des divers ordres d'enseignement, mis en place après avis du Conseil national des programmes et placés auprès des directions compétentes. [...]. Le Conseil national des programmes est consulté sur les conclusions des travaux de ces groupes. »*⁹

Ces **groupes disciplinaires**¹⁰, mis en place après avis du CNP et placés auprès des directions compétentes, sont présidés par un universitaire et comportent une douzaine de membres¹¹, universitaires, formateurs, enseignants et inspecteurs¹².

Contrairement à la situation précédente, où les programmes étaient rédigés par des groupes restreints réunis autour d'inspecteurs généraux, **sont ainsi mis en place des groupes autonomes et indépendants**¹³. La présence d'universitaires se veut à la fois garante de l'indépendance de ces groupes et de la prise en compte des évolutions des savoirs scientifiques.

En outre, une consultation systématique des enseignants sur les projets de programme est mise en œuvre.

⁸ J.O n° 50 du 28 février 1990, p.17.

⁹ Décret du 23 février 1990.

¹⁰ Ces groupes ont successivement été appelés « groupes techniques disciplinaires » ou « GTD », puis « groupes d'expert pour les programmes scolaires » ou « GEPS ».

¹¹ Exemple de deux groupes disciplinaires impliqués dans l'élaboration des programmes pour les SVT, tableaux 2 et 3 des Annexes Partie I (p.11).

¹² <http://eduscol.education.fr/D0048/progparcours.htm>

¹³ Raulin (2006).

Si les groupes disciplinaires sont chargés de rédiger les programmes, la décision finale des programmes publiés au bulletin officiel (BO) revient au Ministre de l'Education Nationale.

La charte des programmes : un cadre d'élaboration des programmes pour assurer une cohérence entre les finalités du système éducatif et les contenus disciplinaires

Le CNP a rédigé, dans un partenariat large avec l'administration, les organisations syndicales et les parents d'élèves, le premier texte officiel sur les programmes : la **charte des programmes**¹⁴. « *Cadre de référence nationale* » qui s'impose à tous (enseignants, élèves et futurs employeurs), garant d'une démocratisation de l'enseignement, le programme d'enseignement se doit d'être « *clair, précis, cohérent et opérationnel, ancrant les savoirs nouveaux dans le patrimoine culturel refusant les effets de mode* » et constitue « *l'outil qui traduit en termes de contenus disciplinaires les objectifs généraux* » (charte, 1992).

Cette charte définit « *les procédures et le cadre d'élaboration de tous les programmes relevant du ministère de l'Education nationale* » afin d'une part, de prendre en compte dans la refonte des programmes l'actualisation des contenus, une réflexion sur les finalités de la formation des élèves et les critères de sélection des savoirs disciplinaires et, d'autre part, « [...] **d'introduire les cohérences** nécessaires à la réalisation des finalités du système éducatif, telles qu'elles sont définies dans la loi d'orientation : mener 100% d'une classe d'âge à une qualification et, pour cela, centrer les démarches du système éducatif sur l'élève »¹⁵ et, plus globalement, « *permettre aux jeunes de construire leur vie personnelle, leur vie professionnelle et d'être des citoyens responsables* ». ¹⁶

La charte précise notamment les éléments qui doivent figurer dans les programmes et des principes de rédaction

Les éléments qui doivent figurer dans les programmes sont les objectifs, les connaissances et les compétences (**Tableau 4** annexes partie I, p.13). Les principes à prendre en compte pour leur rédaction (**Tableau 5**, annexes partie I, p.14) **insistent notamment sur la mise en cohérence** des finalités du système éducatif, des objectifs de cycles et des objectifs explicités dans les programmes avec les contenus disciplinaires.

¹⁴ Charte du 13 novembre 1991. BO n°8 du 20 février 1992.

¹⁵ Charte du 13 novembre 1991. BO n°8 du 20 février 1992.

¹⁶ Charte du 13 novembre 1991. BO n°8 du 20 février 1992.

Cette présentation de l'élaboration des programmes selon une **analyse descendante**¹⁷, rappelle le modèle de Louis d'Hainaut¹⁸.

Sont explicités également la nécessité d'une **cohérence verticale** (cohérence sur l'ensemble du cursus) pour la discipline (notamment nécessité d'une progression disciplinaire, d'une logique d'ensemble), d'une **cohérence horizontale** (logique au sein d'une discipline pour un niveau donné) et d'une **cohérence entre disciplines** pour un niveau donné et pour l'ensemble du secondaire.

Enfin sont à prendre en compte dans l'élaboration de ces cohérences : le développement de l'enfant et ses capacités d'apprentissage, la logique disciplinaire et **l'inscription d'une discipline scolaire dans un champ disciplinaire plus vaste**.

La mise en cohérence « rédactionnelle », horizontale et verticale, des éléments composant le programme (objectifs, connaissances et compétences) et la prise en compte de ces différents facteurs sont censées garantir l'adéquation entre les connaissances et les compétences sélectionnées pour les programmes et les finalités et objectifs généraux définis sur le plan politique.

3. Evolution des programmes de SVT depuis la publication de cet ensemble complet de programmes pour le secondaire français

Evolution du contexte institutionnel : suppression du CNP et création du Haut Conseil de l'éducation

Le Conseil National des Programmes a été supprimé, en 2005, par la loi d'orientation et de programme pour l'avenir de l'école. Cette même loi a instauré le Haut Conseil de l'éducation qui exerce une partie des attributions du CNP. Il est doté d'une compétence consultative sur le socle des savoirs indispensables, les programmes et l'évaluation des résultats.

¹⁷ Joël Lebeaume (1999) remarque qu'en France les modalités de construction des programmes sont inspirées du modèle de Louis d'Hainaut procédant selon une analyse descendante : des finalités éducatives aux objectifs opérationnels par un procédé d'élémentarisation microscopique des visées, des tâches et du savoir.

¹⁸ D'HAINAULT, L. (1988). *Des fins aux objectifs de l'éducation. Un cadre conceptuel et une méthode générale pour établir les résultats attendus d'une formation*. Bruxelles : Editions Labor, cinquième édition.

Publication de nouveaux programmes pour le collège

De nouveaux programmes pour l'ensemble du collège ont été publiés en 2007¹⁹, puis en 2008²⁰. Ils prennent en compte dans leur rédaction le socle commun de connaissances et de compétences défini pour le collège.

Les programmes de SVT, publiés en 2008, sont entrés en vigueur à la rentrée 2009.

Aucun nouveau programme de SVT n'a encore été publié pour le lycée.

Les programmes d'enseignement de SVT, publiés au BO entre 1995 et 2002, après approbation par le Ministre de l'éducation nationale, ont été rédigés par des groupes disciplinaires, présentés comme autonomes, indépendants et plus aptes à prendre davantage en compte les évolutions disciplinaires.

En outre, ces programmes sont censés s'inscrire pour leur rédaction dans le cadre décrit par la Charte : un cadre traduisant une volonté de transparence et de cohérence. Cette volonté s'exprime à la fois à travers l'explicitation des éléments qui doivent composer les programmes et de principes rédactionnels pour leur mise en cohérence, notamment entre les objectifs généraux et les contenus disciplinaires.

Enfin, les programmes publiés au bulletin officiel (BO) entre 1995 et 2002, constituent un ensemble complet, couvrant l'ensemble des niveaux et des filières de l'enseignement secondaire français et rédigés en continuité dans le cadre de la charte des programmes.

Ainsi, l'ensemble de ces éléments, qui traduisent l'importance politique donnée aux modalités d'élaboration des programmes en réponse à un problème de contenus, nous conduisent à considérer comme pertinent d'interroger ces programmes du point de vue des références sélectionnées pour les éléments le composant et du point de vue de leur mode d'agencement dans la construction d'ensemble élaborée pour la discipline scolaire.

¹⁹ BO hors série n°6 du 19 avril 2007.

²⁰ BO hors série n°6 du 28 août 2008.

B. Prendre en compte les évolutions disciplinaires, le cas de l'enseignement de la génétique dans l'enseignement secondaire français : éléments de didactique et d'histoire des sciences

1. La génétique dans les programmes et manuels disciplinaires de l'enseignement secondaire antérieurs à 1995 : un enseignement à moderniser

La génétique un niveau explicatif qui structure les contenus des programmes des disciplines du vivant²¹

Comparant les programmes d'enseignement élaborés lors de la réforme de 1965 pour les sciences naturelles aux programmes précédents, Rumelhard (1995) a montré l'importance des éléments de génétique pour ce nouvel enseignement disciplinaire. La génétique était alors, avec l'écologie et la biologie cellulaire, l'un des trois types d'explication qui structurait les contenus de ce programme. Les niveaux cellulaire et génétique unifiaient des résultats auparavant disjoints ou partiels.

Un enseignement traditionnellement déterministe (programmes, manuels, représentations)...

Rumelhard (1986), s'intéressant aux images du gène dans l'enseignement de génétique classique et moléculaire dans les années 1970-1980, a noté que « (...) *les caractères phénotypiques étudiés semblent correspondre à des gènes qui fonctionnent mécaniquement quels que soient les autres gènes et les autres facteurs du milieu intérieur ou extérieur* ». ²² En effet, le gène est alors souvent conçu comme un caractère préformé dont l'expression détermine ce caractère indépendamment des autres gènes et du milieu.

²¹ Un tableau récapitulatif du nom des disciplines ayant assuré un enseignement du vivant depuis 1942, date d'entrée de la génétique dans les programmes d'enseignement du secondaire français est proposé dans le tableau 6 des annexes de la partie I, p.15.

²² Rumelhard, 1986, p.44

Ce modèle linéaire, déterministe, présentant le phénotype comme le résultat de l'expression du génotype sans interaction avec l'environnement ainsi que la notion controversée de programme génétique fortement associée à cette vision informationnelle du vivant, sont autant d'éléments qu'Abrougui et Clément (1997) ont également identifiés dans les programmes et manuels scolaires parus entre 1985 et 1994²³.

...Soutenu par le choix de supports d'enseignement spécifiques...

Pour Clément et Abrougui²⁴ (1997), le caractère déterministe de cet enseignement résulte d'un choix des concepteurs des programmes (parus entre 1985 et 1994) et des auteurs de manuels scolaires pour les sciences de la vie. Ce choix est notamment assuré par la sélection des rares exemples biologiques qui s'y conforment, comme des maladies dues à des erreurs innées du métabolisme et qui peuvent s'expliquer dans le cadre déterministe. Rumelhard (1986) avait également souligné l'impact du choix de ces exemples.

... que le GTD de SVT veut moderniser

Forrissier et Clément (2003) notent, par ailleurs, une intention de la commission d'élaboration des programmes de centrer l'enseignement de la biologie en 1^{ère} S sur les interactions entre le génome et son environnement.

²³ Abrougui, 1997 ; Abrougui et Clément, 1997a et 1997b cités par Forrissier et Clément, 2003.

²⁴ Abrougui, 1997 ; Abrougui et Clément, 1997a et 1997b cités par Forrissier et Clément, 2003.

2. La génomique et la post-génomique : des développements au cœur du changement de vision qui touchent de nombreuses pratiques (scientifiques, médicales, industrielles, économiques, citoyennes, etc...)

Les développements de la génomique et de la post-génomique

Le développement, à partir du milieu des années 1980, de la génomique a permis de contribuer à confirmer le caractère dépassé de la vision déterministe du « tout génétique »²⁵, au profit d'une vision renouvelée du vivant plus systémique et moins génocentrée qui sert de cadre à la post-génomique (cf. Partie III).

En outre, les développements techniques de la génomique ont contribué à accroître l'efficacité des pratiques génétiques (isoler et séquencer un gène, rechercher des mutations, suivre leur répartition dans une population, mesurer l'expression simultanée de centaines de gènes, modifier le contenu génétique d'un organisme en y ajoutant un gène ou en y inactivant un, etc...)²⁶, déjà puissantes avant leur avènement. Par ailleurs, la génomique et la post-génomique s'inscrivent dans une grande variété de pratiques : scientifique, médicale, industrielle, pharmaceutique, agricole, économique, citoyenne, etc... Ces pratiques soulèvent de nombreuses interrogations nouvelles : interrogation par exemple face aux demandes de brevet pour des gènes, face à la diffusion massive des tests génétiques toujours plus nombreux, face à la place de la médecine prédictive, face à l'intérêt et aux conséquences des constructions d'organismes génétiquement modifiés (OGM), etc....

Des évolutions scientifiques potentiellement intéressantes pour moderniser les savoirs scolaires

Le souhait, exprimé dans le rapport Bourdieu, de moderniser les savoirs, de supprimer les savoirs « périmés » ou « secondaires » et d'introduire de façon pertinente les savoirs

²⁵ MORANGE, M. (2004a). La génétique : une science aux caractéristiques très particulières. In *Bull. Hist.Epistém. Sci. Vie*, 2004, 11, (2), 235-247.

²⁶ MORANGE, M. (2004a). La génétique : une science aux caractéristiques très particulières. In *Bull. Hist.Epistém. Sci. Vie*, 2004, 11, (2), 235-247.

nouveaux, nécessite d'apprécier de **façon critique et objective les évolutions** scientifiques (Martinand, 1999) afin notamment de clarifier le statut des nouveaux savoirs : information, idée fondamentale ou ensemble de savoirs fondateurs.

Si dans de nombreux domaines, la quantité d'information publiée augmente de façon exponentielle, les idées fondamentales ne sont pas pour autant toutes remises en question et les techniques ne présentent pas toutes des avancées (Martinand, 1999, 2000b).

Les sciences de la vie, et notamment les développements en génomique et post-génomique, donnent néanmoins l'image de développements conceptuels importants (Martinand, 2000b) dans la mesure où ils contribuent à l'affirmation d'une nouvelle vision du vivant. D'un point de vue technique, les pratiques génétiques montrent des signes de changements évidents et rapides avec des implications fortes pour la société.

3. La génétique et ses implications sociales : un domaine d'intérêt pour les élèves

Une enquête, réalisée en 1998, sur les « centres d'intérêt » d'élèves coréens (*middle school students*) par rapport aux thèmes abordés par le curriculum, a mis en évidence que dans un contexte d'intérêt faible, la génétique était le domaine d'intérêt le plus fort du point de vue des contenus. Ces élèves exprimaient également leur intérêt pour les aspects sociaux.²⁷

La suggestion par le rapport Bourdieu d'une modernisation des contenus d'enseignement, la décision politique de modifier les modalités d'élaboration des programmes en créant notamment le CNP et des groupes autonomes comprenant des universitaires *a priori* plus en prises avec les évolutions récentes, l'annonce par le groupe disciplinaire de SVT de sa volonté d'introduire des éléments atténuant le déterminisme de l'enseignement de génétique au moins en 1^{ère} S, le caractère important des développements de la génomique et de la post-génomique aussi bien d'un point de vue conceptuel (confirmation du caractère dépassé de la vision déterministe) que d'un point de vue technique, nous conduisent à considérer comme pertinent d'interroger la prise en charge des développements de la génomique et de la post-génomique par les programmes élaborés dans ce contexte pour les SVT.

²⁷ HONG (1998). Il s'agit d'une étude coréenne menée sur 267 étudiants (*middle school students*) qui visait le développement d'un instrument de mesure des centres d'intérêt des élèves par rapport au curriculum.

II- Questionner les rapports entre une discipline scolaire « en directives » et des contenus d'enseignement prescrits dans une perspective curriculaire

Notre objectif est ici de préciser le sens de notre questionnement, en explicitant le cadre théorique dans lequel il s'inscrit.

A. Discipline scolaire « en directives » et contenus d'enseignement : choix d'une approche descriptive

1. Une discipline scolaire « en directives » : une discipline réduite aux textes officiels et située à l'articulation entre sa détermination et son application

La question de la prise en charge de la génomique et de la post-génomique ne sera étudiée que pour la discipline scolaire « en directives ».

Examiner une discipline scolaire en se limitant aux textes officiels « *réduit l'investigation à la discipline précisée par ces textes- sans ses traductions dans les manuels et sans ses mises en œuvre effectives* » (Lebeaume, 2008a, p.110). Cet examen focalise l'attention sur la « **discipline en directives** », « [...] *c'est-à-dire dont les orientations ou les lignes directrices sont données par l'autorité.* » (Lebeaume, 2008a, p.110) et place l'étude de la discipline scolaire à l'articulation entre sa détermination et son application.

2. Les programmes d'enseignement : informer, coordonner, prescrire

En France, les programmes d'enseignement se définissent clairement par leur nature institutionnelle et leurs fonctions.

Des textes officiels...

En France, **les programmes** sont des **textes officiels** (textes réglementaires publiés au Bulletin Officiel) qui peuvent « [...] *être considérés comme des actes administratifs qui s'adressent aux personnels des établissements grâce au relais des rectorats et des inspecteurs.* » (Lebeaume, 2008a, p.110).

Ils sont à distinguer des **textes semi-officiels** qui accompagnent les programmes, tels les « **documents d'accompagnement** » qui s'adressent soit aux enseignants soit aux élèves, parents, employeurs. (Charte, 1991 ; Demonque, 1994).

...qui assurent une double fonction

Une fonction d'information et de coordination (Châtel, 1994)

Ces programmes servent de **référence nationale** pour fonder, dans chaque discipline et pour chaque niveau, le « **contrat d'enseignement** », « [...] *c'est-à-dire le cadre à l'intérieur duquel l'enseignant ou l'équipe pédagogique font les choix pédagogiques adaptés aux élèves dont ils ont la responsabilité* » (Charte, 1991).

Ainsi, le programme fixe et standardise les contenus de l'enseignement. Il permet que, d'une classe à l'autre et d'un enseignant à l'autre, un même **contenu** soit enseigné garantissant ainsi une certaine équité.

Une fonction de prescription et de transformation des savoirs (Châtel, 1994; charte, 1991)

Par ailleurs, le programme précise des **perspectives d'ensemble** (établissement d'une clarification entre les différents niveaux du système éducatif) et des directives de méthode, il **indique les savoirs à enseigner, organise des combinaisons** et définit les compétences que les élèves doivent acquérir.

Les programmes d'enseignement, ou discipline « en directives », présentent une sélection de contenus d'enseignement standardisés, organisés et intégrés dans des perspectives d'ensemble.

Questionner la prise en charge de la génomique et de la post-génomique par la discipline « en directives » visera donc à questionner la relation à la génomique et à la post-génomique des contenus sélectionnés et organisés par les programmes.

3. Questionnement didactique des contenus d'enseignement d'une discipline « en directives »

L'investigation d'une discipline « en directives » peut être menée selon deux perspectives : l'une descriptive qui s'inscrit dans une dimension didactique, l'autre interprétative qui s'inscrit dans une dimension historico-sociologique (Lebeaume, 2008a).

Pour « l'éducation technologique en directives » Lebeaume (2008a) distingue deux ensembles de questions. Un premier ensemble sur les contours, les figures et les cohérences que les textes officiels installent, affaiblissent, et sur les tensions qu'ils contrôlent, a pu être abordé par une approche descriptive de ces textes officiels. Le second ensemble portant sur les questions de fonction de ces discours n'a pu être abordé que par une approche interprétative, nécessitant l'ajout d'une dimension historico-sociologique à la dimension didactique de l'approche descriptive précédente.

L'investigation d'une discipline « en directives » selon la dimension didactique vise à la décrire en interrogeant ses contenus, leur organisation, ou encore les aspects techniques de la construction disciplinaire.

L'ajout d'une dimension historico-sociologique à l'investigation peut permettre de viser l'interprétation voire l'explication de la discipline « en directives » par l'identification de faits qui influencent son invention et ses évolutions. Questionner l'enracinement historique,

le contexte international et les contextes sociaux dans lesquels s'inscrivent les réformes permet de comprendre leurs objectifs, d'identifier et de clarifier les véritables finalités des différents discours prescriptifs.

Les dynamiques d'ensemble entre différentes disciplines sont également à prendre en compte.

Les SVT « en directives » seront questionnées dans une perspective descriptive

Le choix d'une problématique didactique pour examiner les rapports entre une discipline « en directives » et ses contenus limite l'interrogation aux contenus, à leur organisation, ou encore aux aspects techniques de la construction disciplinaire et place donc notre recherche dans une perspective essentiellement descriptive.

La discipline scolaire « en directives » est à l'articulation entre la détermination et l'application d'une **discipline scolaire**. Comment une discipline scolaire est-elle caractérisée ? Comment se caractérise alors la discipline scolaire « en directives » au regard de la discipline scolaire ? En quoi l'examen didactique des programmes d'enseignement associés qui la déterminent la reflète-t-il ?

Les programmes d'enseignement fixent, standardisent les contenus d'enseignement, précisent les savoirs à enseigner, organisent des combinaisons, et tracent des perspectives d'ensemble. A quoi correspondent ces contenus, qu'entend-on par combinaisons, perspectives d'ensemble pour les programmes d'enseignement d'une discipline scolaire ?

Sous quel angle peuvent être questionnés les contenus sélectionnés et organisés par les programmes et se référant aux développements de la génomique et de la post-génomique ?

B. La discipline « en directives » questionnée selon la seule dimension didactique, un reflet de la discipline scolaire

1. Discipline scolaire : une construction située au croisement de différentes logiques

Les caractéristiques proposées pour définir une discipline scolaire sont variables.

- a) **Exemple de caractérisation de la discipline scolaire : les disciplines scolaires comme « créations spontanées et originales du système scolaire »** (Chervel, 1998, p.17)

Chervel (1998), s'appuyant sur l'histoire de l'enseignement de la grammaire et de l'orthographe, caractérise les disciplines scolaires par des **éléments qui la composent** (des contenus dont des savoirs et des exercices, un appareil docimologique, des finalités spécifiques, des pratiques de motivation) et par un **corps professoral qui l'enseigne** (L'ensemble de ces caractéristiques est récapitulé dans le **tableau 1**, p.40 du manuscrit).

Il insiste sur le fait qu'une discipline scolaire se définit non seulement comme « *un ensemble particulier de contenus d'enseignement renvoyant à un domaine spécifique du savoir* » mais qu'elle se définit également comme une **construction originale**, « [...] *forme institutionnalisée, [...] mode particulier d'organisation, de structuration et de communication des contenus* » (Forquin, 2005, p.277) qui permet à la discipline d'une part, d'assurer sa fonction didactique²⁸, à savoir assurer sa fonction de support de formation et d'apprentissage (Forquin, 2005) et d'autre part, de s'inscrire dans le cadre contraint de l'école²⁹.

²⁸ « forme disciplinaire » d'un savoir peut être défini comme une construction pédagogique qui « *obéit à des impératifs de rationalisation, de normalisation, de systématisation, [qui] suppose la cohérence du champ, la pertinence et l'exemplarité des objets, la cumulativité des progressions, la fréquence des exercices, tout un appareil d'exposition, de programmation, de justification et de contrôle destiné à produire quelque chose d'effectivement enseignable* » (Forquin, 2005, p.277).

²⁹ La forme scolaire (d'après Guy Vincent cité par Audigier, Tutiaux-Guillon & Haerberli, 2008) est une « forme qui organise le temps d'enseignement et d'apprentissage des élèves en organisant des classes d'âge, qui segmente les savoirs en disciplines séparées et à l'intérieur de chacune construit des progressions, qui segmente le temps scolaire en une succession de courtes périodes qui défilent chaque jour, qui place de l'écrit au cœur de la légitimité des savoirs appris, etc....

Les disciplines scolaires sont vues par Chervel comme des « *créations spontanées et originales du système scolaire* » (1998, p.17) qui répondent à des contraintes disciplinaires et scolaires.

**b) Exemple de caractérisation de la discipline scolaire :
la discipline scolaire comme un habitus**

Sachot (2004) définit une discipline scolaire en la rangeant parmi les **habitus**³⁰.

L'inscription de l'acquisition des connaissances dans une **logique de scientificité** caractérise un enseignement disciplinaire, c'est-à-dire qui fonctionne comme une structure structurante (habitus) et non inculquante.

Se retrouvent, par ailleurs, dans la définition proposée par Sachot (2004) comme chez Chervel (1998), les éléments qui la composent et les enseignants qui l'enseignent. Sa définition explicite davantage les différentes contraintes (également présentes chez Chervel) qui s'exercent sur la mise en forme de la discipline scolaire : contraintes disciplinaire, politique, institutionnelle, scolaire, didactique, sociale.

Pour Coquidé (2008) s'appuyant sur Sachot et Chervel, l'ensemble structuré et structurant que constitue une discipline scolaire résulterait de processus de scolarisation et de « disciplinarisation » mettant notamment en œuvre un principe de progressivité et une cohérence d'ensemble.

Tableau 1 : Caractérisation d'une discipline scolaire par André Chervel et Maurice Sachot

| | |
|---|--|
| Caractéristiques d'une discipline d'après André Chervel (1998 ; 1988 cité par Forquin 2005) | Définition d'une discipline au niveau scolaire d'après Maurice Sachot (2004) |
| Les caractéristiques d'une discipline | Une discipline scolaire est |

³⁰ Maurice Sachot (2004) range donc la discipline scolaire dans la catégorie des habitus, tels que définis par Pierre Bourdieu (1980) « *des systèmes de dispositions durables et transposables, structures structurées prédisposée à fonctionner comme structure structurante, c'est-à-dire en tant que principes générateurs et organisateurs de pratiques et de représentations qui peuvent être objectivement adaptées à leur but sans supposer la visée consciente de fins et la maîtrise expresse des moyens nécessaire pour les atteindre, objectivement « réglées » et « régulières » sans être en rien le produit de l'obéissance à des règles, et, étant tout cela, collectivement orchestrées sans être le produit de l'action organisatrice d'un chef d'orchestre* » p.88-89.

| | |
|--|--|
| <p>scolaire sont :</p> <p>-des contenus exposés selon une logique interne formant une ensemble hiérarchisé, articulé et cohérent,</p> <p>-un corpus de savoirs communément reconnus et acceptés par les spécialistes et qui constitue une « vulgate »</p> <p>-des exercices indispensables à la réalisation de la fonction didactique de la discipline, assurer un travail de formation et d'apprentissage. Ces exercices assurent deux fonctions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - une fonction d'entraînement, de familiarisation, d'assimilation ou de construction habitus ; - une fonction d'épreuve, d'évaluation du travail fourni et des compétences acquises <p>-un appareil docimologique</p> <p>-des finalités spécifiques (assignées de l'extérieur en fonction de demandes sociales ou d'une commande politique)</p> <p>-des pratiques de motivation, d'incitation</p> <p>-un « corps professoral propre, formé et recruté selon une logique de spécialisation »</p> | <ul style="list-style-type: none"> - <u>un milieu institué</u> : une configuration de discipline, - <u>par le milieu instituant</u> (la République), - <u>en exerçant des enfants être au monde</u> (les élèves), - <u>dans un environnement adapté</u> (établissement, classe, activités, etc...), - <u>avec l'aide d'adjuvants spécialisés</u> (les maîtres ou professeurs), - et <u>selon une logique procédurale spécifique</u> (logique de scientificité), - <u>sur des objets également spécifiques</u> (les matières scolaires), - <u>et qui vise à les former comme adulte-être au monde</u> (personnes libres et responsables). |
|--|--|

c) La discipline scolaire, une construction à la croisée de différentes logiques

Ces différentes caractérisations montrent qu'une **discipline scolaire**, loin de se limiter à la désignation des « *différentes rubriques entre lesquelles se partagent les emplois du temps des élèves* » (Forquin, 2005, p.276), est l'expression d'une **production sociale située au croisement de différentes logiques aussi bien au niveau de sa détermination que de son application.**

Forquin (2005) explicite trois logiques en interactions : leur fondement **épistémologique** (spécificité disciplinaire du domaine de connaissance et des méthodologies retenues, logique de scientificité), leur statut **socio-institutionnel** (organisation scolaire, institutionnelle, enjeux politiques, institutionnels et sociaux) et leur fonction **didactique** (fonction de support d'un travail de formation et d'apprentissage).

Develay (1995) ajoute les logiques **psychologique** (choix d'un contenu en fonction des modalités de son appropriation) et **pédagogique** (matériel, organisation à instituer).

Nous comprendrons la **discipline scolaire « en directives »** comme l'expression d'une production sociale située au croisement de différentes logiques.

La notion de discipline scolaire permet d'interroger aussi bien sa détermination que son application. Avec la notion de discipline scolaire « en directives », nous nous limiterons à l'articulation entre sa détermination et son application : les programmes d'enseignement.

Par ailleurs, nous limitant à une approche descriptive nous ne questionnerons pas le sens, la fonction historico-sociologique de ces programmes.

En outre, il ressort de ces caractérisations qu'une discipline scolaire est composée d'éléments parmi lesquels sont inclus les contenus qui présentent une organisation. La sélection de ces éléments et de leur organisation résulte, entre autre, de l'expression de différentes logiques.

Notre questionnement ne vise pas à comprendre les processus (compromis, jeux d'acteurs, etc...) à l'œuvre pour la sélection de ces éléments et de leur organisation. Il concerne la discipline « en directives » et vise à **décrire les sélections opérées en termes de référence, notamment pour les contenus, et les modes d'organisation retenus.**

d) Contribution de la notion de curriculum pour penser la notion de discipline scolaire et de discipline scolaire « en directives »

Caractérisation de la notion de curriculum

Le **tableau 2** propose des exemples de caractérisation de la notion de curriculum qui mettent l'accent tantôt sur l'itinéraire de l'enfant (De Landsheere, 1992), tantôt sur celui des contenus (Forquin, 2005) ou sur la nécessité de concilier les deux (Leclercq, 1994).

Tableau 2: Exemples de caractérisation de la notion de curriculum

| | |
|--|--|
| Différentes caractérisation de la notion de curriculum qui mettent tantôt l'accent sur l'itinéraire de l'enfant (De Landsheere), sur celui des contenus (Forquin) ou sur la nécessité de concilier les deux (Leclercq) | |
| De Landsheere, (1992, p.4-5) | le curriculum est « <i>l'ensemble des actions planifiées à la lumière des principes éducatifs de base et des généralisations validées par l'expérience pratique</i> » et qui poursuit des « <i>fins éducatives ou formatives</i> » |
| Leclercq (1994, p.147). | « <i>Parler de curriculum, c'est donc, comme l'indique l'étymologie latine, chercher à tracer les itinéraires que doivent suivre les élèves pour pénétrer dans des territoires, qui en quelque sorte, n'ont pas été encore « viabilisés ».</i> |
| Forquin, (2005, p.234) | Le curriculum est l'« [...] <i>ensemble de ce qui est censé être enseigné et de ce qui est censé être appris, selon un ordre de progression déterminé, dans le cadre d'un cycle d'études donné.</i> » |

La notion de curriculum, qu'elle mette l'accent sur l'itinéraire des contenus et/ ou de l'enfant, renvoie à l'idée **de plan et d'organisation** (actions planifiées, ordre de progression déterminé, tracer des itinéraires) (Crahay, Audigier & Dolz, 2006).

Il s'agit d'une **construction intellectuelle** qui a le projet d'influer sur les processus d'enseignement ou d'apprentissage en prenant en compte l'ensemble des dimensions impliquées et qui ensuite se déroule concrètement dans la classe (Crahay, Audigier & Dolz, 2006).

Les fins explicitées pour ces constructions sont des fins formatives, éducatives. Elles visent par exemple à donner la possibilité à des élèves de pénétrer dans des territoires non « viabilisés » (Leclercq, 1994).

Le curriculum présente plusieurs dimensions (Forquin, 2005) :

- une dimension systémique : outre les contenus (savoir, valeurs, représentations) qu'il véhicule, il constitue lui-même une mise en forme, en cohérence, en système de ces contenus ;
- une dimension temporelle : le curriculum inclut une progression des apprentissages selon un processus étalé et ordonné dans le temps ;
- une dimension institutionnelle : le processus d'enseignement apprentissage doit se dérouler sous le contrôle d'une institution, il correspond à quelque chose de prescrit et de construit institutionnellement.

Le curriculum comprend différentes composantes :

Ci-dessous, quelques exemples de composantes associées à la notion de curriculum (De Landsheere, 1992, p.5) :

- La définition des objectifs de l'éducation ou de la formation ;
- les contenus des apprentissages à réaliser ;
- les méthodes d'enseignement et d'apprentissage ;
- l'environnement humain et matériel : éducateurs ou formateurs, auxiliaires d'éducation, équipements, instruments et techniques... ;
- les structures et l'organisation des systèmes d'éducation ou de formation ;
- les constructions scolaires ;
- l'évaluation.

« Chacune de ces composantes doit être liée directement à la praxis, que la composante la commande, la guide, la serve, la rende possible, vise à améliorer ses effets ou sa qualité, ou ait pour objet de l'améliorer. » (De Landsheere, 92, p.5)

Curriculum et discipline scolaire

La notion de curriculum permet de penser, d'analyser des constructions originales situées au croisement de multiples logiques : systémiques, scolaires, épistémologiques, didactiques, temporelles, sociales, institutionnelles.

Si la discipline scolaire nous semble davantage centrée sur les contenus (leur sélection, leur mise en forme scolaire, disciplinaire, leur enseignement selon une logique spécifique de scientificité), la notion de curriculum met davantage l'accent sur la mise en relation de l'itinéraire des contenus et de celui de l'élève et donc, à travers l'idée d'itinéraire, sur les dimensions temporelle, systémique et institutionnelle.

Le curriculum peut permettre de concevoir en dehors d'un contexte disciplinaire des enseignements a-disciplinaires, ou de repenser, indépendamment d'anciennes constructions disciplinaires, de nouveaux enseignements disciplinaires.

Curriculum et discipline scolaire « en directives »

Le curriculum prescrit, formel, potentiel, réel, réalisé, caché et possible : penser ou examiner les enseignements à différents niveaux d'élaboration ou de mise en œuvre et les interactions entre ces différents niveaux

Prise dans son sens le plus large, la notion de curriculum prend en compte toutes les dimensions nécessaires à l'élaboration ainsi qu'à la mise en œuvre d'un enseignement. Elle permet d'en questionner les différents aspects. Sont ainsi distingués le curriculum prescrit, formel, potentiel, réel, réalisé, caché et possible (**tableau 3** d'après Martinand 2005c, Forquin 2005, Perrenoud 1994, p.46 du manuscrit).

La discipline scolaire « en directives », telle que nous l'avons définie, peut être questionnée par la notion de curriculum prescrit.

Tableau 3 : Caractérisation des différentes notions de curriculum (d'après Martinand 2005c, Forquin 2005, Perrenoud 1994)

| Type de curriculum | Modalités de caractérisation ou investigations qu'ils permettent de mener |
|---------------------------------------|--|
| Curriculums prescrit et formel | <p>Pour Jean-Louis Martinand (2005c), le curriculum formel est celui accessible à partir des textes de prescription et de l'explicitation des contraintes et des possibles des « formes scolaires » en vigueur.</p> <p>Pour Philippe Perrenoud (1994), les curriculums prescrit et formel relèvent de la programmation d'un parcours éducatif. Le curriculum prescrit correspond à la programmation de l'expérience alors que le curriculum formel correspond à la structuration des expériences formatrices des apprenants.</p> |
| curriculum potentiel | <p>Recherche d'interprétation des écarts entre le curriculum réel et le formel (Martinand, 2005c)</p> |
| curriculum réel, vécu, réalisé, caché | <p>Le curriculum vécu que les chercheurs infèrent à partir des observations et des enquêtes menées auprès des acteurs (Martinand, 2005c) prend en compte l'ensemble des composantes de l'expérience scolaire de l'élève. Tout ce que l'élève peut apprendre à l'école qui sollicite les registres cognitif, instrumental, affectif, morale, social, et déborde, voire contredit les prescriptions officielles permet d'interroger la signification réelle de ce qui est vécu, acquis par les élèves, et est appelé curriculum latent (ou caché ou implicite). Il s'agit avec le curriculum caché d'interroger les dimensions idéologiques, axiologiques implicites des programmes, des manuels, des enseignants, des rituels etc... (Forquin, 2005).</p> <p>Philippe Perrenoud (1994) distingue les curriculums réel et réalisé.</p> <p>Les expériences que vit l'apprenant et qui le transforment correspondent au curriculum réel (succession d'expériences formatrices). Le curriculum réalisé correspond au compromis établi entre le curriculum prescrit et la réalité (ce compromis est lié à l'interprétation du curriculum prescrit, à sa mise en œuvre par les enseignants et aux apprentissages effectivement réalisés par les élèves).</p> <p>La notion de curriculum caché s'inscrit dans l'approche large permise par la notion de curriculum réel qui part des expériences formatrices</p> |

L'opposition entre curriculum formel, officiel ou prescrit et réel ou réalisé (Perrenoud, 1994) interroge la distance entre ce qui est stipulé par les programmes officiels, ce qui est présenté dans les manuels et ce qui est réellement fait dans les classes.

Pour Perrenoud, la distance entre le curriculum formel/prescrit et le curriculum réel/ réalisé peut être construite de deux manières : soit l'interrogation porte sur la mise en œuvre effective du curriculum prescrit dans le curriculum réalisé (up to bottom), soit à l'inverse en s'intéressant à la succession d'expériences formatrices, on s'interroge sur les intentions et les stratégies qui sous-tendent ce curriculum réel (bottom up) et dont la structuration constitue le curriculum formel.

curriculum possible

Recherche prospective sur de nouveaux curricula par l'élaboration de problématiques éducatives et d'essai de projets éducatifs pour identifier les conséquences et les implications de variations inaccessibles aux acteurs individuels (Martinand, 2005c)

Des investigations multiples

Cette notion permettrait d'interroger et de rendre intelligible le produit de la détermination d'un enseignement en prenant en compte les différentes dimensions (temporelle, systémique et institutionnelle) et les différentes composantes (objectifs, contenus, matériel, organisation temporelle, évaluation, etc.) d'un curriculum.

Notre projet de questionner selon une approche descriptive la discipline « en directives », du point de vue de ses contenus et de leur mode d'agencement au sein du programme, restreint le questionnement potentiel permis par la notion de curriculum prescrit.

Néanmoins, prendre en compte la dimension temporelle et systémique de la discipline « en directives » nous semble pertinent pour notre questionnement. Ces dimensions nous permettent de questionner le caractère organisé et cohérent de l'itinéraire prescrit pour un élève pour l'ensemble du cursus prescrit par les programmes d'enseignement de SVT du secondaire français (contenus sélectionnés et mode d'agencement : mise en forme, en cohérence, en système). C'est en ce sens restreint que notre questionnement est curriculaire.

2. Discipline scolaire, contenus d'enseignement et programme d'enseignement : des compromis

Afin de mieux cerner les relations entre disciplines scolaires, contenus d'enseignement et programmes d'enseignement, nous proposons d'expliciter différents contextes d'inscription de la discipline scolaire et quelques dynamiques d'acteurs qui interfèrent dans la détermination et l'application des programmes d'enseignement et de leurs contenus.

a) **Différentes logiques en action**

Des rapports de force entre acteurs...

«Les disciplines scolaires ne sont pas seulement des contenus organisés pour l'enseignement. Elles sont aussi des productions sociales marquées par des rapports de force.» (Lebeaume, 2005c, p.39)

Ainsi, par exemple, l'existence d'interactions complexes entre des **dynamiques internes au champ corporatif et disciplinaire** (spécialistes de l'enseignement ou de la discipline) et **des dynamiques externes impulsées par les demandes des « utilisateurs »** ressortent de l'examen de l'évolution de l'enseignement des mathématiques dans les établissements secondaires britanniques. Dans ce cas précis, les demandes sociales ont débordé les compétences ou prérogatives des seuls spécialistes.³¹

Perrenoud (2008), réfléchissant sur les critères de sélection des contenus d'enseignement, souligne une tension entre la finalité avancée de l'école qui est de préparer à la vie (cf. les finalités rappelées en introduction de la charte des programmes de 1992) et des choix de contenus, souvent plus en phase avec la transformation des savoirs qu'avec les transformations de la vie des gens et du monde. Il identifie en particulier **trois lobbies** qui défendant leurs intérêts particuliers œuvrent, d'après lui, contre une vision du bien commun et dont l'action peut s'inscrire dans cette tension. Le lobby des utilisateurs, les parents qui attendent du système éducatif qu'il prépare leurs enfants à des études longues. Un lobby

³¹ Barry Cooper, 1983-1985, cité par Forquin, 2001.

corporatiste, celui des disciplines qui défendent des territoires, des emplois, des heures sans se demander si ces disciplines se justifient en référence à la vie ordinaire. Et un lobby porté par une idéologie, celui des anti pédagogues, qui sous-couvert d'élitisme républicain sacralise le savoir pour lui-même sans examiner son sens et ses fonctions pour les individus.

... qui s'inscrivent dans un contexte politique, idéologique, scientifique, économique, technique, philosophique, historique, etc..

Pour Joël Lebeaume, les différentes éducations technologiques élaborées à travers le monde dépendent des contextes **politique, économique, et technique** des pays en question.

Inscription d'une discipline scolaire dans un espace politique

Pour Sachot³², une discipline scolaire est historiquement en lien avec un projet éducatif qui s'inscrit dans un espace politique. Il compare (**tableau 4**, p.50 du manuscrit) les vecteurs scolaires d'une « éducation à la citoyenneté » en fonction de deux projets éducatifs ancrés dans deux espaces politiques aux caractéristiques différentes. Il propose une mise en forme en termes de *matrice idéologique*, matrice qui regroupe l'ensemble des objectifs de formation et représente la cohérence entre les contenus et les finalités.

³² Cité par Coquide, 2008.

Tableau 4 : Comparaison des matrices idéologiques en France et en Grande Bretagne pour l'éducation à la citoyenneté (D'après Sachot)

| | Matrice idéologique en France | Matrice idéologique en œuvre en Grande Bretagne |
|------------------|---|---|
| Espace politique | laïcisation | sécularisation |
| Visée éducation | Former un citoyen libre et responsable : c'est l'être lui-même qui doit être instruit Son éducation est centrée sur le développement de l'esprit critique et de la raison | Acculturation avec inscription de l'individu dans une appartenance s'imposant à lui comme de fait : individu appréhendé comme une ressource, un recours de compétence pour la société |
| Vecteur scolaire | Discipline fondée sur une logique de scientificité (limitée par une conception peu évolutive des disciplines, décrivant leur propre fondement et ne se référant qu'à des disciplines scientifiques) | Forme curriculaire = tâche à exercer et un référentiel de compétences à développer. |

Inscription en tension des contenus d'une discipline scolaire entre les valeurs affichées d'une société et la réalité de la vie des gens

Pour Perrenoud (2008), un des axes de réflexion concernant une faible prise en compte des transformations du monde et de la vie des gens dans les programmes réside dans la difficulté à gérer, pour nos sociétés démocratiques, des **contradictions entre les valeurs** qu'elles affichent et une représentation réaliste de la vie. En effet, ces valeurs sont questionnées notamment par les conditions et les modes de vie réels des citoyens. Face à ces contradictions, Perrenoud interroge : « *Qui serait assez audacieux pour enjoindre à l'école de préparer les jeunes à vivre dans la pollution et à se nourrir d'OGM et d'aliments industriels dont les incidences à long terme sur la santé humaine sont imprévisibles ? ou assez visionnaire pour*

anticiper les changements que l'ingénierie génétique est en train d'apporter dans notre vision de la santé, de la mort, de la filiation ? » (Perrenoud, 2008, p.13)

Diversité des références mobilisées lors de la construction ou de la modification des curriculums

Audigier, Tutiaux-Guillon et Haerberli (2008) distinguent, pour la construction ou la modification de curriculums, la prise en compte de différentes références :

- références relevant des savoirs : celles issues de la recherche ou de l'expérience principalement des acteurs des systèmes et des institutions d'éducation et de formation ;
- références relevant des théories ou des conceptions de l'enseignement et de l'apprentissage ;
- références tenant aux fonctions assignées par l'école, comme l'orientation ou l'évaluation des élèves, et de la contribution de telle ou telle discipline à ces fonctions ;
- références correspondant aux projets que nos sociétés dessinent aujourd'hui pour l'Ecole, les finalités qui y correspondent, les choix de culture dans laquelle introduire, insérer les générations futures.

Exemple de références mobilisées pour la conception globale du curriculum français : le choix du découpage en disciplines scolaires et d'un pilotage par les connaissances

*« En France, la construction progressive du système éducatif s'est accompagnée de la **disciplinarisation** de tous les enseignements valorisant le pilotage par les connaissances et réduisant l'assiette des orientations éducatives. Cette structuration curriculaire en disciplines, à partir du milieu des années 1990, a été **assouplie** par la mise en place de dispositifs qualifiés d'interdisciplinaires afin d'augmenter la porosité des frontières des disciplines. » (Lebeaume, 2008b, p.191)*

Les contenus fixés par un programme d'enseignement peuvent relever ou non d'une discipline scolaire. Un programme d'enseignement peut donc être disciplinaire ou non.

L'examen des programmes d'enseignement publiés au BO entre 1995 et 2002 montre que l'enseignement du vivant est pris en charge par :

- une discipline scolaire, les SVT, de la 6^{ème} à la terminale ;
- mais également par des dispositifs a-disciplinaire : les itinéraires de découverte au collège et les travaux personnels encadrés (ou TPE) au lycée.

A partir d'une analyse critique des curriculums anglo-saxons, Ross (2000) propose trois types de curriculum disciplinaire (**tableau 7**, annexes Partie I) en fonction du type d'apprentissage et de pilotage qu'il privilégie. Sont ainsi distingués les curriculums pilotés par les contenus disciplinaires, par les objectifs de compétence et par un guidage du développement personnel.

Les disciplines scolaires, souvent une succession de formes historiques

Les différences concernant les différentes éducations technologiques sont liées, pour Lebeaume (2004c), aux formes historiques et successives prises par la discipline. Il rejoint ici Chervel (1998) qui, concernant la grammaire scolaire, souligne que son organisation interne résulte d'une histoire souvent marquée soit par l'addition de couches successives, soit par une certaine complexité née de nombreux compromis.

b) Les programmes d'enseignement, des compromis qui contribuent à la constitution de la discipline scolaire

Les programmes d'enseignement reflètent ces interactions notamment par leur caractère composite

Châtel (1994), revenant sur l'histoire de l'écriture des programmes d'enseignement des sciences économiques et sociales (SES), montre que leur rédaction résulte rarement d'un projet cohérent : « *Faits d'écritures multiples, empruntant beaucoup aux programmes antérieurs, les programmes de 1982 [...] sont des documents très composites* » (Châtel, 1994, p.57)

Martinand (2005) remarque que les contenus des disciplines de collège ne sont pas vraiment choisis dans le cadre d'un travail de problématisation (choix en fonction d'enjeux sociétaux et éducatifs), d'élaboration et d'invention de contenu. Ils résultent plutôt d'un affrontement, ou d'une concurrence, entre la « vulgate » de la matière et un bricolage sur le texte soumis à discussion et à décision.

Les programmes peuvent contribuer par leur élaboration à la constitution des disciplinaires scolaires :

L'analyse de l'élaboration de programmes officiels, pour l'enseignement des Lettres, du Travail Manuel, des Langues Vivantes ou des SES, suggère que celle-ci a fortement contribué à la constitution des identités disciplinaires correspondantes.

Ainsi « *dans ces disciplines en tout cas, les programmes ne peuvent donc être lus comme de simples sélections opérées à l'intérieur de savoirs dont la cohérence serait tout entière antérieure à la décision de les enseigner* » (Demonque, 1994a, p.9). Est ainsi illustrée la complexité des découpages et des délimitations de territoires opérées, à l'occasion de l'élaboration de programmes, selon les différentes disciplines entre savoirs scolaires et non scolaires, ou, entre savoirs et pratiques sociales.

« Motivée aussi bien par l'évolution des finalités de l'école, que par le souci d'homogénéiser les pratiques pédagogiques et les contenus effectifs de l'enseignement, ou par la pression de facteurs sociaux et culturels, les imbrications mises en évidence [...] témoignent ainsi d'un aspect majeur de l'élaboration des programmes d'enseignement : l'ancrage d'un programme dans une discipline clairement définie n'est sans doute pas aussi « naturel » qu'il n'y paraît. Bien au contraire, les aléas de l'élaboration du programme se confondent souvent, en partie au moins, avec ceux de la constitution de la discipline elle-même comme discipline scolaire. » (Demonque, 1994a, p.11)

Pour Châtel (1994), l'enjeu principal des compromis dont sont issus les programmes de sciences économiques et sociales de 1982 fut l'identification de cette discipline scolaire et de son champ d'intervention.

Dans le même ordre d'idée et en s'appuyant sur une analyse critique des présupposés idéologiques sous-tendant les nouveaux programmes d'éducation physique et sportive (EPS),

Bos et Amade-Escot (2004) interprètent le rejet par deux fois des textes issus du CNP-GTD EPS par les enseignants d'EPS, non pas comme une résistance au changement, voire une manifestation d'une conception archaïque du métier d'enseignant, mais comme le rejet de la nouvelle conception de la discipline scolaire portée par ces textes. Il s'agit, pour eux, d'un conflit idéologique relatif à des conceptions philosophiques et sociopolitiques divergentes concernant l'identité de la discipline.

Cette prise de position que constitue le programme d'enseignement, dans un contexte de rapport de force, sur la conception philosophique ou sur le champ d'intervention d'une discipline, nous semble bien rendue dans la définition que Lebeaume (1994) donne du programme du travail manuel. *« A la fois expression d'un discours qui légitime l'enseignement élémentaire et sélection de pratiques sociales qui lui donnent du sens, le programme souhaite borner les pratiques scolaires en respectant l'approche spécifique d'une discipline »* (Lebeaume, 1994, p.34).

c) Enseignants, mise en œuvre d'une discipline scolaire, programmes d'enseignement et contenus d'enseignement

Les enseignants infléchissent les prescriptions portées par les programmes et jouent sur l'image et l'identité des disciplines scolaires

Les disciplines scolaires sont portées par des corps sociaux, les enseignants, dont l'action infléchit les prescriptions administratives (Martinand, 2003b).

Les points essentiels de décisions sur la structure de la discipline correspondent aux décisions des enseignants lors de sa mise en œuvre : la définition et l'organisation des tâches scolaires, le choix de références et les évaluations (Lebeaume, 2001).

L'image et l'identité des disciplines scolaires ne s'achèvent donc pas avec la rédaction des programmes mais se jouent également dans l'interprétation des textes faite par les enseignants et dans les modalités d'élaboration des situations d'enseignement et d'apprentissage (Perrenoud, 2000).

Programmes et processus d'enseignement : cadre, norme dont les contenus sont transformés par l'enseignement mais aussi ressources pour l'enseignement

Comme le note Châtel (1994), le processus d'enseignement lui-même ne peut être entièrement réglé par le programme : d'une part celui-ci n'est qu'un cadre à l'intérieur duquel des choix sont opérés, d'autre part l'enseignement transforme les contenus qui y sont indiqués.

D'ailleurs, « *les programmes nationaux qui définissent et orientent l'enseignement sont également marqués par leur **incomplétude** qui offre des espaces d'initiatives pour les adaptations locales au gré des contextes et des élèves* » (Lebeaume, 2008b, p.193).

En outre, pour Perrenoud (1990), si l'ensemble des textes programmatiques qui circulent pour une discipline définissent la **norme**, ils constituent également des **ressources** pour les enseignants. En conséquence, il avance l'idée que plus une discipline se réfère à des pratiques sociales plutôt qu'au savoir savant culturellement partagé par l'ensemble des enseignants, plus ces programmes disciplinaires sont importants. En effet, ils contribuent dans ce cas à la construction collective de nouvelles représentations fondatrices de la discipline et ils évitent que chacun revienne à son libre arbitre, ses routines et ses limites.

Les contenus de la discipline scolaire s'inscrivent dans différents contextes. Les interactions entre les différentes dynamiques d'acteurs aboutissent à des compromis.

Ainsi, les sélections de contenus d'une discipline scolaire ne résultent pas d'une réflexion objective en fonction des seules finalités du système éducatif.

La discipline scolaire « en directives » reflète, par les sélections opérées notamment en termes de contenus, les compromis acceptés et les différents contextes d'inscription de cette discipline. Sa définition contribue ainsi à l'identité d'une discipline scolaire.

En outre, questionner d'un point de vue didactique les programmes élaborés nous semble important dans la mesure où ceux-ci non seulement assurent des fonctions d'information et de

prescription, mais peuvent également constituer un vecteur pour la construction collective de nouvelles représentations fondatrices pour la discipline.

Notre questionnement laissera dans l'ombre les infléchissements portés à la discipline « en directives » par sa mise en œuvre, infléchissements qui modifient l'image et l'identité de la discipline.

C. Dimension didactique de la discipline scolaire : décrire les contenus, leur mode d'agencement au sein d'une discipline « en directives »

1. La discipline scolaire, une construction d'ensemble à penser, à rendre intelligible

a) Cas des disciplines scolaires portant sur l'enseignement du vivant : une matrice disciplinaire pour penser ou comprendre une discipline scolaire

Develay (1992) propose de définir une discipline scolaire par une **matrice** intégrant un ensemble d'éléments disparates (objets, connaissances, tâches) et fondant leur unité.

« Une discipline scolaire se définit, d'abord, par un principe d'intelligibilité, son paradigme, que nous proposons de nommer matrice disciplinaire. C'est le point de vue qui organise la totalité des contenus en un ensemble cohérent » (Develay, 1995b, p.27).

Matrice disciplinaire : méthode d'élaboration d'une discipline

Le choix du paradigme disciplinaire devrait déterminer le choix des tâches, des connaissances et des objets. Ce paradigme, ou matrice disciplinaire, est donc un principe d'intelligibilité de la discipline, qui possède par ailleurs une **valeur régulatrice** « en articulant de manière

cohérente les divers éléments qui la constituent (les tâches, les objets, les connaissances)» (Prairat, 96, p.30). La matrice disciplinaire est donc ce qui **définit et donne cohérence à une discipline scolaire** et lui assure une certaine « clôture systémique ».

Perrenoud (2000) discute cependant l'idée de « clôture systémique » d'une discipline scolaire, qu'il qualifie « *d'ensembles flous et mouvants* ». « *Les découpages du réel qui fondent les frontières d'une discipline sont des construits sociaux, épistémiques et pragmatiques* ». Ces découpages sont changeants, partiellement arbitraires, enjeux de conflits, expression de rapports de forces et pas uniquement d'enjeux épistémologiques.

Matrice disciplinaire : grille d'analyse de la cohérence d'une discipline

D'un point de vue pragmatique, la matrice disciplinaire apparaît à Develay (1992) comme étant constituée, à un moment donné, par le point de vue qui est porté par le contenu disciplinaire et qui permet sa mise en cohérence. Pour lui, ce point de vue correspond au choix d'une identité pour la discipline considérée. Cette identité peut se refléter dans le choix de certains concepts, méthodes, techniques, théories, valeurs. Elle peut conduire à valoriser certains objets d'enseignement.

Ce paradigme de discipline scolaire correspond par ailleurs à l'un des paradigmes des champs de recherche contemporains. Mais, comme le souligne Perrenoud (2000), « *même en science, la matrice disciplinaire fait rarement l'objet d'un consensus, plusieurs paradigmes sont en compétition ou en conflit* ». Ainsi, dans les champs de la recherche contemporaine en biologie, sont notamment en tension la vision déterministe ou informationnelle du vivant et une vision plus systémique moins génocentrée (nouvelle vision).

b) Cas des disciplines scolaires portant sur l'enseignement de la technologie : une matrice curriculaire pour interpréter, comprendre, penser, transformer une discipline scolaire et plus largement tout enseignement

Dans le cadre d'investigations curriculaires menées sur les conditions d'existence et de transformation des disciplines scolaires assurant l'enseignement technologique³³, des études rétrospectives de prescriptions, directives, recommandations et injonctions ont permis **d'élaborer des outils et des concepts, contribuant à l'intelligibilité de cette discipline scolaire dans sa globalité** et permettant de l'interpréter, la comprendre, la penser et de la transformer (Lebeaume, 2000, 2005c).

La notion de matrice curriculaire (Lebeaume, 1999)

La matrice curriculaire avancée par Lebeaume (1999) est construite d'un point de vue épistémologique. Elle fixe la nature et l'identité de l'enseignement. Elle est définie par les points de décision sur ses fondements et son organisation. Elle intègre les interventions des enseignants qui peuvent la maintenir, la transformer, voire la déformer.

Le qualificatif « curriculaire » souhaite marquer la dynamique diachronique de l'enseignement et il permet de le penser indépendamment des étiquettes disciplinaires.

Ainsi, la matrice curriculaire correspond à une cohérence de la structure, constituée par des choix réalisés sur les références, les visées, les tâches, leur élémentarisation et leur progressivité. Cet ensemble de choix peut être différent, voisin ou confondu dans le découpage temporel de la scolarité, mais ces choix sont articulés entre eux pour répondre à la visée finale du curriculum.

« Les principes fondateurs et constructifs assurent la cohérence d'ensemble d'une discipline scolaire à la fois dans sa présentation générique et dans son développement temporel. Ils permettent de composer un ensemble de tâches articulées entre elles, avec des ruptures et des

³³ Investigations sur la structure, l'organisation et le développement de ces disciplines scolaires.

continuités au cours de la scolarité et avec des possibilités contrôlées de la variabilité d'ensemble. » (Lebeaume, 2003)

La matrice curriculaire correspond également aux interventions des enseignants dont cette cohérence dépend. En effet, la cohérence de l'itinéraire finalisé ne peut être maintenue qu'à condition d'avoir été identifiée par les acteurs, d'où l'importance de la formation professionnelle des enseignants.

Le questionnement didactique d'un enseignement par le modèle de « matrice curriculaire » permet de contribuer à l'analyse de son existence, de sa structure, de sa composition et de son type de pilotage (Lebeaume, 2008).

La matrice disciplinaire de Develay paraît intéressante pour notre questionnement, dans la mesure où la génomique, la post-génomique et plus généralement la génétique voire même la biologie, s'inscrivent actuellement dans un contexte, si ce n'est de changement paradigmatique, au moins de changement de vision. L'hypothèse d'une matrice disciplinaire sous-jacente aux SVT nous permettra d'interroger la, ou les visions, dans laquelle ou dans lesquelles s'inscrivent les contenus de la discipline « en directives ». Ce questionnement est d'autant plus pertinent qu'un des enjeux des programmes publiés de 1995 à 2002 était d'offrir un enseignement de génétique s'inscrivant dans une vision moins déterministe.

Néanmoins, cette notion ne permet pas de travailler la structure de la discipline. Pour ce faire, nous faisons l'hypothèse que les SVT « en directives » peuvent se décrire en prenant comme modèle d'étude « la matrice curriculaire ». Ce modèle sera adapté en fonction des caractéristiques propres des SVT et de notre problématique. Notamment, nous ne prendrons pas en compte ici les interventions des enseignants dont la cohérence de la matrice dépend.

Nous nous appuyerons essentiellement sur les principes fondateurs (cohérences entre les références, les visées et les tâches) et constructifs (organisation globale de la discipline « en directives » : sélection des contenus, cohérence entre contenus, visées et référence, progressivité, structuration d'ensemble) qu'elle propose afin de questionner la structure des SVT « en directives ».

2. Les contenus d'une discipline scolaire : des savoirs savants à transformer, des pratiques sociales de référence à sélectionner, un ensemble qui constitue une culture scolaire

Parmi les notions qui visent à définir les contenus d'enseignement, nous examinerons la notion de *transposition didactique*, celle de *pratique sociale de référence* et celle de *culture scolaire*.

a) **La transposition didactique : penser la transformation des contenus scientifiques en contenus scolaires**

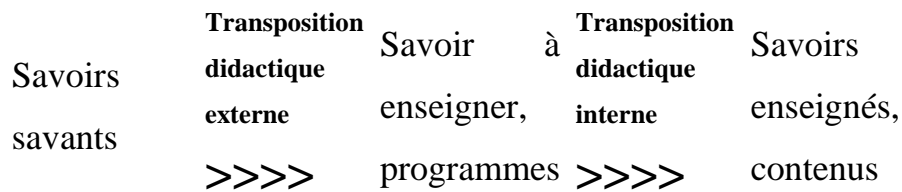
La transposition didactique : transformation du savoir savant en savoir scolaire

La notion de **transposition didactique**, introduite par Chevallard (1985) en didactique des mathématiques en réponse à une interrogation sur le pôle savoir du système didactique (élève-enseignant-savoir), permet **d'examiner la distance et le processus de distanciation qui sépare le savoir savant du savoir enseigné.**

« *Le savoir scolaire construit sa spécificité par rapport au savoir savant au terme d'un parcours et d'un bricolage censés rendre le savoir savant dont il est issu et dont il tire sa légitimité accessible aux élèves* » (Rope, 2000a, p.162).

Chevallard (1985) distingue la **transposition didactique externe** qui permet le passage du savoir savant au savoir à enseigner, de la **transposition didactique interne**, qui permet le passage du savoir à enseigner au savoir enseigné (**Figure 2 : schéma de la transposition didactique**, p.61 du manuscrit).

Figure 2 : Schéma de la transposition didactique au sens restreint (d'après Chevallard, 1985)



La transposition didactique externe se joue sur la scène politique et dans les instances chargées d'écrire les programmes. La transposition didactique interne se joue essentiellement dans les classes, entre maître et élèves. Mais le système s'efforce de contrôler les pratiques et les contenus effectifs, non seulement à travers les programmes, mais également par la formation des maîtres, l'évaluation, les moyens d'enseignement, les interactions entre maîtres ou entre eux et l'administration scolaire. (Perrenoud, 1990)

Interroger la prise en charge curriculaire de la génomique et de la post-génomique par les programmes pour les SVT par la notion de transposition didactique ne paraît pas pertinente pour trois raisons :

1-La génomique et la post-génomique englobent un grand nombre de savoirs, certains établis d'autres plus incertains, et qui par ailleurs ne sont pas tous présents dans les programmes d'enseignement. Il nous paraît donc difficile dans ce contexte d'envisager d'examiner la distance et les processus de distanciation de savoirs savants de statuts divers, ayant peu de savoirs à enseigner en parallèle.

2-La génomique et la post-génomique, pratiques de recherche scientifique en émergence, ont renouvelé un grand nombre d'autres pratiques de recherche scientifique fondamentale ou appliquée. Elles ont, par ce biais, accru l'efficacité d'un certain nombre de techniques utilisées dans le cadre d'activités industrielles, agricoles, médicales et dont l'utilisation questionne la société. Il ne nous paraît donc pas pertinent de nous limiter à la prise en charge des savoirs savants issus des pratiques de recherche scientifique en génomique et en post-génomique.

3-Interroger les processus de distanciation entre savoirs savants et savoir à enseigner nécessite de ne pas se limiter à l'approche descriptive de la discipline « en directives » que nous avons

choisie, mais d'interroger les débats qui ont eu lieu sur le plan politique et dans les groupes disciplinaires.

b) La notion de pratique sociale de référence permet d'interroger les rapports de l'école à son environnement culturel, scientifique et économique

La notion de **pratique sociale de référence** introduite par Martinand en 1981 ne vient ni en substitution, ni en complément du concept de transposition didactique. (Terrisse, Garcia-Blanc et Simmoneaux, 2001, Martinand, 2001a). **Elle répond à la problématique spécifique de la référence dans la construction ou l'étude de curriculums d'éducation scientifique ou technologique, ou à la problématique de la référence curriculaire** (Martinand, 2001a).

Elle s'inscrit dans une démarche qui vise à mettre en relation les contenus et les buts d'un enseignement avec les situations, les tâches et les qualifications d'une pratique donnée, alors appelée « **pratique sociale de référence** ».

Pour Martinand (1986), trois aspects caractérisent les pratiques sociales de référence :

- « *Ce sont des activités objectives de transformation d'un donné naturel ou humain (« pratique ») ;*
- *elles concernent l'ensemble d'un secteur social, et non des rôles individuels (« social ») ;*
- *la relation avec les activités didactiques n'est pas d'identité, il y a seulement terme de comparaison (« référence ») » (Martinand, 1986, p.137).*

Sont ainsi pris en compte la variété des références, leur évolution selon les différentes disciplines et au sein même d'une discipline (Terrisse, Garcia-Debanc & Simmoneaux ,2001).

Il s'agit d'un guide d'analyse donnant les moyens de repérer les concordances et les différences entre deux situations. Il s'agit également d'un guide de critique et de proposition (Martinand, 1986).

La démarche permise par la notion de pratique sociale de référence permet d'explicitier et de discuter les raisons des choix des contenus, d'examiner leur cohérence interne et de juger de l'authenticité du reflet qu'elles proposent (Martinand, 1986). Le **tableau 5** regroupe les questionnements permis par cette démarche.

Tableau 5 : Questionnements permis par la notion de pratique sociale de référence (d'après Martinand, 1986)

| La démarche permise par la notion de pratique sociale de référence permet de : | |
|---|---|
| Discuter les raisons des choix des contenus | Elle introduit ainsi le questionnement des options qui sous-tendent le choix de ces références : options pédagogiques (finalités de l'enseignement, inscription des choix dans une discipline scolaire au sein d'une institution), options politiques (des orientations de la politiques éducatives, des idéologies). |
| Examiner les cohérences internes | Elle permet d'examiner les conditions de cohérence pour les activités scolaires entre tâche, instruments, savoirs et rôles par rapport à ceux de la pratique de référence. |
| Juger de l'authenticité du reflet que proposent les activités scolaires | Elle permet de penser, d'analyser les écarts entre les activités scolaires et les pratiques prises pour référence selon les différentes dimensions qui les caractérisent : les savoirs mais aussi des objets, instruments, problèmes, tâches, contextes, rôles sociaux. |

Finalement s'interroger sur les références questionne le rôle et la fonction de l'école, sa responsabilité dans le champ social.

Concernant l'authenticité, elle n'est pas la question fondamentale. **L'important n'est pas qu'il y ait ou pas un écart entre les deux mais qu'une comparaison soit possible**, voire une « [...] *« mise en correspondance » entre les pratiques et les institutions actuelles de la recherche, du développement, de l'économie et de la politique, et les contenus et démarches de l'éducation scientifique [...]* » (Martinand, 2006).

En effet, la comparaison entre l'activité scolaire et la pratique sociotechnique qui lui a servi de référence permet **d'évaluer la valeur éducative générale** de l'activité scolaire, en permettant de conclure sur la question de la **lisibilité de la relation de référence**, condition nécessaire pour un transfert possible des habiletés, compétences ou attitudes acquises lors de cette activité. Rumelhard (1995) souligne combien la question du sens, de la dimension culturelle des contenus d'enseignement en biologie est importante dans la mesure où « *l'homme est directement concerné comme objet d'étude vivant et parfois malade* » (Rumelhard 1995, p.317).

La génomique et la post-génomique englobent un ensemble de pratiques variées, très complexes, *a priori* difficile à prendre en charge par les disciplines scolaires du secondaire, mais dont les enjeux sociaux sont forts (augmentation du nombre de tests de dépistage disponibles, accroissement de l'efficacité de la transgénèse...). Il nous paraît donc pertinent de nous intéresser, outre aux pratiques sociales de la génomique et de la post-génomique, à celles dont la prise comme référence par les SVT pourrait contribuer aux **enjeux de formation** des différentes pratiques de la génomique et de la post-génomique. Dans ce cas, la mise en correspondance des contenus d'enseignement avec des pratiques, ne relevant pas directement de la génomique et de la post-génomique mais contribuant à mieux les appréhender, pourrait aider à les rendre plus lisibles.

La notion de pratique de référence et la démarche à laquelle elle est associée permettent de questionner la prise en charge de la génomique et de la post-génomique par les programmes pour les SVT :

- en tenant compte de la diversité des pratiques associées à la génomique et à la post-génomique ;
- en permettant, par la comparaison des pratiques de référence et des contenus de la discipline scolaire et de leur prise en charge systémique et temporelle par les programmes d'enseignement, d'évaluer dans quelle mesure une mise en correspondance est possible.

Etant donnée l'importance des retombées de la génomique et de la post-génomique dans la sphère publique, il est intéressant d'examiner dans quelle mesure les SVT permettent ou pas cette mise en correspondance, permettent ou pas de rendre ces pratiques lisibles.

C'est dans cette optique que nous questionnerons la référence des contenus sélectionnés, non seulement par rapport à la diversité des pratiques de génomique et de post-génomique mais également par rapport à des pratiques dont la maîtrise contribue à la formation aux pratiques de génomique et de post-génomique.

La génomique et la post-génomique seront donc examinées sous l'angle des pratiques sociales qu'elles recouvrent et de leurs enjeux de formation.

c) Les disciplines scolaires, creuset de la « culture scolaire »

En allant plus loin, Forquin (2001) précise que l'école ne se contente pas de transposer, de transmettre des savoirs ou éléments de culture préexistants mais constitue le creuset où s'élaborent des configurations cognitives, des compétences ou des manières d'être originales qui constituent le noyau central de la culture scolaire.

La culture scolaire³⁴ peut se définir comme « [...] *l'ensemble des contenus cognitifs et symboliques qui, sélectionnés, soumis à un « conditionnement didactique » et organisés sous la forme de programmes d'études, font l'objet d'une transmission délibérée dans le cadre des établissements d'enseignement* » (Forquin, 2001, p.91-92).

L'école constitue alors un lieu et une matrice de savoirs typiques et de formes typiques d'activités intellectuelles.

Ces savoirs ne restent pas enfermés dans l'école car ils ont un pouvoir de modelage des *habitus* qui influencent certaines pratiques culturelles et certains modes de pensée : « [...] *la culture scolaire dote véritablement les individus d'un corps commun de catégories de pensée et remplit de ce fait une fonction d'intégration logique en même temps que d'intégration morale et sociale* » (Forquin, 2001 p.97, citant Bourdieu, 1967).

Pour Coquidé³⁵, les disciplines scolaires relatives à l'enseignement des sciences en France se caractérisent d'un point de vue épistémologique non seulement par un **domaine de connaissance délimité** mais aussi par une obligation méthodologique de « **discipliner l'esprit** ». La visée de ces disciplines scolaires est alors une certaine modélisation théorique, d'aller contre le sens commun et de développer des méthodologies spécifiques. Elles contribuent donc à la constitution d'une « culture scolaire ».

Etant donné que nous ne questionnerons pas l'application des programmes d'enseignement nous n'aurons pas accès à la culture scolaire.

Néanmoins, l'examen descriptif de la discipline « en directives », en permettant d'identifier les contenus prescrits sélectionnés et leur conditionnement didactique (organisation des contenus sous la forme d'un programme), nous permettra, en liaison avec l'examen des pratiques sociales de référence sélectionnées pour les contenus de SVT, de questionner la mise en correspondance possible des contenus de SVT avec les pratiques sociales de référence. Il permettra de discuter les contours d'une culture scolaire implicite, potentiellement véhiculée par cette discipline « en directives » concernant ces pratiques de référence.

³⁵ Maryline Coquidé (2008) s'interrogeant sur la discipline scolaire, les enseignements pluridisciplinaires et la formation des enseignants.

III- Questions de recherche et enjeux de la recherche

A. Questions de recherche

Questionner la prise en charge curriculaire de la génomique et de la post-génomique et de leurs enjeux de formation par les programmes d'enseignement pour les SVT se traduira par les questions de recherche suivantes :

Question de recherche 1 :

Dans quelle mesure les contenus et les visées composant les programmes pour les SVT publiés entre 1995 et 2002 se réfèrent-ils à des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique et ou à des pratiques qui contribuent à leur appréhension ?

1.1- Quelles sont les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ? Quels sont les enjeux de formation associés et quelles pratiques peuvent contribuer à mieux appréhender les différentes pratiques de génomique et de post-génomique ? (partie III)

1.2- Quelles sont, parmi les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou parmi celles permettant de mieux les appréhender, celles qui sont sélectionnées comme référence pour les contenus et pour certaines des visées de la discipline « en directives »? (partie IV)

Question de recherche 2 :

Comment les contenus et les visées se référant à des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou à des pratiques qui contribuent à leur appréhension (pratiques relatives à la transgénése ou pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision du

vivant) sont-ils pris en charge d'un point de vue curriculaire³⁶ par les programmes d'enseignement pour la discipline scolaire SVT ?

A partir des résultats obtenus et des analyses conduites sur la sélection des références et le mode d'agencement disciplinaire des contenus s'y référant seront mis en discussion les trois points suivants :

- -Quelle est l'image de la discipline « en directives » esquissée à travers les sélections de référence, de structure et de cohérence identifiées pour ces éléments (sens des sélections pour la discipline) ?
- Dans quelle mesure les contenus sélectionnés et mis en réseau et en cohérence par les programmes peuvent-ils être mis en correspondance avec des pratiques sociales de référence ?
- Quels éléments contribuant à dessiner les contours d'une culture scolaire SVT pour les contenus se référant à des pratiques de génomique et de post-génomique peuvent-être identifiés ?

B. Une recherche en didactique

Notre investigation porte sur les relations entre disciplines scolaires et contenus d'enseignement. Il s'agit, pour le curriculum prescrit d'une discipline scolaire de l'enseignement secondaire français, les sciences de la vie et de la Terre, d'interroger par rapport à un ensemble de pratiques de référence les contenus sélectionnés et leur mode d'agencement disciplinaire, de discuter les mises en correspondances possibles et les contours d'une culture scolaire potentiellement véhiculée par cette discipline.

Cet examen des programmes sera précédé d'une analyse de la génomique et de la post-génomique afin d'identifier et de caractériser différentes pratiques sociales pouvant potentiellement servir de référence pour les SVT. La proposition d'enjeux de formation

³⁶ Entendu dans une dimension systémique (mise en réseau, en cohérence) et dans une dimension temporelle (itinéraire construit sur l'ensemble du cursus).

associés à ces pratiques permettra d'identifier et de caractériser des pratiques qui, bien que ne relevant pas directement de la génomique et de la post-génomique, apparaissent comme importantes pour appréhender les pratiques de génomique et de post-génomique.

La didactique se caractérise dans son sens actuel (Martinand, 2001b, Coquidé, 2006) par une responsabilité par rapport à des « contenus » qui marque un point de vue spécifique.

Notre recherche est donc didactique à double titre :

- d'une part, elle interroge une construction disciplinaire dans son ensemble, à la fois du point de vue de la sélection des contenus d'enseignement mais également de leur mode d'agencement systémique et temporelle ;
- d'autre part, elle interroge le sens des contenus d'enseignement sélectionnés et de leur mode d'agencement, en discutant dans quelle mesure ces contenus dans leur mise en forme proposée par la discipline « en directives » peuvent être mis en correspondance avec les pratiques auxquelles ils se réfèrent.

C. Enjeux de la recherche

1. Enjeux didactiques et curriculaires :

L'enjeu majeur de cette thèse est didactique.

A notre connaissance, peu d'études questionnent les « grands ensembles » que constituent une discipline scolaire sur le cursus secondaire, à la fois du point de vue global des références sélectionnées pour un ensemble de contenus et de visées, et du point de vue précis du mode d'agencement disciplinaire de ces contenus et de ces visées.

Ce double point de vue vise à rendre intelligible la construction d'un enseignement en SVT, afin de mieux pouvoir l'interpréter, le comprendre et donc à terme penser la construction d'un enseignement disciplinaire de façon renouvelée.

L'examen d'une discipline « en directives » selon une approche descriptive, en permettant l'explicitation des mises en forme des contenus, des mises en cohérence entre les contenus et

les différentes visées, peut également contribuer à l'évaluation de la cohérence (cohérence de la construction disciplinaire par rapport aux objectifs annoncés).

Par ailleurs, cet examen et l'identification d'incohérences, d'implicites, de masquages de référence et l'identification de pratiques de référence potentielles, constituent autant de pistes pour un renouvellement du curriculum.

2. Enjeux éducatifs :

Les transformations de la vie des gens et du monde rendent obsolètes une partie des contenus d'enseignement. Le problème de la sélection des contenus à enseigner (Perrenoud, 2008) se pose alors notamment pour des disciplines qui, comme les SVT, affichent à travers leurs choix programmatiques des missions culturelles, d'éducation scientifique, **d'éducation à la rationalité, des missions d'éducation à la santé, à la citoyenneté, et des missions d'aide à l'orientation professionnelle** (Coquidé 2006; Coquidé & Martinand, 2007).

Notre objectif est de contribuer à rendre compte des modalités de réponse d'une discipline aux missions de formation, notamment de futurs citoyens et de futurs scientifiques, en adéquation avec l'évolution des demandes, afin de mieux comprendre des types de réponse disciplinaire et donc, à terme, de contribuer à penser le problème de la sélection et de la prise en charge de références pour un enseignement disciplinaire.

3. Enjeux de formation :

Un des enjeux de notre recherche est aussi de contribuer à la formation des professeurs, par l'explicitation de logiques sous-jacentes aux programmes scolaires et notamment aux différents contenus, et par l'identification de pratiques sociales qui servent de référence aux SVT.

Mieux comprendre les logiques sous-jacentes aux programmes, identifier les pratiques sociales de référence et examiner des cohérences peuvent aider les enseignants à assurer une mise en œuvre des programmes qui rendra la mise en correspondance avec les pratiques de référence plus efficace (Develay, 1995).

PARTIE II :

**Cadre d'analyse de la prise en charge
curriculaire de pratiques de référence par
les contenus des programmes
d'enseignement publiés entre 1995 et 2002
pour les SVT**

Le premier objectif de cette partie est de discuter le choix des **dimensions d'analyse retenues pour décrire « techniquement » la prise en charge curriculaire (dimension systémique et temporelle) de pratiques de référence** par les programmes d'enseignement élaborés pour la discipline scolaire, SVT, et de les rendre opérationnelles.

Ces choix seront notamment discutés à l'aune des caractéristiques structurales (éléments composant les SVT « en directives », principes d'organisation) repérées dans les programmes élaborés pour les SVT.

Une caractérisation globale des principes structuraux (caractérisation des visées de cycle, de niveau ; caractérisation des méthodes d'enseignement par cycle ou par niveau ; caractérisation de leur inscription dans un paradigme, caractérisation des cohérences internes des programmes) retenus pour les SVT « en directives » est proposée. Ces caractérisations contribueront à examiner l'inscription disciplinaire notamment pour un niveau d'enseignement donné des contenus se référant aux pratiques sociales relevant de la génomique, de la post-génomique ou de pratiques permettant de mieux les appréhender.

Le second objectif est de caractériser la notion de pratique sociale de référence et de préciser les caractéristiques retenues pour différentes pratiques.

I. Différents éléments composent les disciplines scolaires

A. Exemples d'éléments composant différentes disciplines scolaires :

La caractérisation d'une discipline scolaire, d'un curriculum disciplinaire ou de sa conceptualisation sous la forme de matrice montre la prise en compte par les différents auteurs (Chervel, 1998 ; De Landsheere, 1992 ; Develay, 1992 ; Forquin, 2005 ; Lebeaume, 1999) de différents éléments :

- **des contenus organisés** comprenant un corpus de savoir et des exercices ou des connaissances, des tâches et des objets ou uniquement des tâches ;

- **des visées** (des finalités spécifiques (assignées de l'extérieur en fonction de demandes sociales ou d'une commande politique), des objectifs de l'éducation ou de la formation) ;
- **des principes organisateurs**, des principes d'intelligibilité (ou principes de construction, de mise en forme, en cohérence) :
- **des méthodes d'enseignement et d'apprentissage** ;
- **un appareil docimologique** et l'évaluation ;
- **des pratiques de motivation, d'incitation** ;
- **l'environnement humain et matériel** : éducateurs ou formateurs, auxiliaires d'éducation, équipements, instruments et techniques... ; **un corps enseignants**;
- **les interventions des enseignants** ;
- **les structures et l'organisation des systèmes d'éducation ou de formation.**

Notre questionnement de la discipline scolaire portant sur la sélection des contenus et sur leur mode d'agencement au sein des programmes d'enseignement conduit à réduire le nombre d'éléments pertinents pour décrire une discipline « en directives ». Ainsi, les interventions des enseignants, l'appareil docimologique ou encore les pratiques de motivation et d'incitation échappent aux programmes scolaires et caractérisent plus spécifiquement la discipline scolaire dans sa mise en œuvre.

Pour les autres éléments, nous avons réalisé un repérage de ceux composant les programmes d'enseignement élaborés pour les SVT et publiés entre 1995 et 2002¹. Il s'agit d'identifier les éléments composant une discipline scolaire « en directives » pertinents pour notre investigation des SVT « en directives ».

B. Repérage des éléments composant les programmes d'enseignement élaborés pour les SVT

Un repérage de la présence ou de l'absence d'éléments relevant des contenus, des objectifs, des principes constructeurs, des méthodes d'enseignement, de l'évaluation, ou de l'organisation de la formation a été conduit sur l'ensemble des programmes élaborés pour les SVT et publiés au BO entre 1995 et 2002.

¹ Référence des textes officiels **tableau 1**, annexes de la partie I, p.10.

Le résultat est consigné dans le **tableau 8** des annexes de la partie II (p.20). Les éléments repérés sont ordonnés en fonction des types de caractéristiques proposées par les différents auteurs.

Les programmes d'enseignement pour les SVT présentent :

une succession d'objectifs de plus en plus précis ;

des contenus ;

des principes constructeurs (énoncés concernant les cohérences verticales, horizontales, les relations aux autres disciplines) ;

des indications limitées sur les méthodes d'enseignement, l'évaluation et l'organisation de la formation.

Nous caractériserons donc les SVT, comme discipline « en directives », à la fois en référence aux éléments proposés par les différents auteurs et à ceux repérés dans les programmes par les éléments suivants :

- des contenus ;
- des visées ;
- des principes constructeurs ;
- et dans une moindre mesure par les méthodes d'enseignement.

L'évaluation et l'organisation de la formation ne sont pas retenues en raison du caractère très succinct des énoncés les concernant et d'autre part de l'absence d'énoncés sur ces caractéristiques pour un grand nombre de programmes.

C. Caractérisation des contenus :

1. Des contenus hétérogènes et variables composent les disciplines scolaires

Un premier constat est que les tentatives de caractérisation globale des disciplines scolaires mettent en évidence leur hétérogénéité (Coquidé, 2008) notamment du point de vue des contenus (différentes centration, apprentissage de contenus textuels, réalisation ..) comme le laisse transparaître la longue liste de contenus très divers égrenés par Perrenoud (2000) : « [...] *ensemble de savoirs, de compétences, de postures physiques ou intellectuelles, d'attitudes, de valeurs, de codes, de pratiques, de schèmes constitutifs d'un habitus* ».

En soulignant, la diversité des contenus des disciplines qui ne renvoient pas au même type d'acquis, Perrenoud (2000) remet en question le primat des savoirs.

Perrenoud (2000) précise, en outre, que ces contenus peuvent varier d'une discipline à l'autre et au sein de chaque discipline d'un niveau d'enseignement ou d'une filière à l'autre.

Pour les disciplines d'enseignement du vivant, Develay (1992) évoque un nombre de contenus restreint et constant pour la discipline : les connaissances qu'elle permet d'acquérir, les tâches qu'elle permet d'effectuer et les objets qui lui sont spécifiques (voir **tableau 6**).

Tableau 6 : Explicitation des contenus d'une discipline scolaire (d'après Develay, 1992)

| Type de contenu : | Explicitation : |
|--|--|
| des connaissances dont la discipline vise l'appropriation | Sont distinguées les connaissances déclaratives relevant de l'ordre du discours, du savoir et les connaissances procédurales qui relèvent de l'ordre de l'action du savoir faire. |
| des tâches que la discipline permet d'effectuer | Les tâches constituent les activités que les élèves doivent réussir (exemples en biologie : concevoir une expérience, la monter, la schématiser, interpréter des résultats, réaliser un élevage, une culture...). |
| des objets qui sont spécifiques à la discipline | Certains objets sont empruntés au monde social d'autres sont pensés et réalisés pour les apprentissages qu'ils sont censés faciliter. |

Chervel évoque quant à lui le savoir et les exercices, tandis que Lebeaume se limite aux tâches.

2. Les contenus explicités dans les programmes d'enseignement élaborés pour les SVT

Les contenus des programmes d'enseignement élaborés pour les SVT correspondent (voir **Tableau 8** des Annexes de la partie II, p.20) :

- à des **notions** explicitées sous forme d'une succession de phrases (associées au lycée à la précision de limites bornant ces notions),
- à des **activités**,
- à des **compétences** pour le collège visant soit la maîtrise de notions soit de tâches.

Les notions explicitées dans les programmes correspondent à des énoncés de savoir. Si Chervel évoque des savoirs, Develay parle lui de connaissances.

Les activités proposées dans les programmes précisent le plus souvent des tâches et/ou des outils (travailler avec) et/ou des objets (travailler sur). Elles pourraient être mises en lien avec les exercices de Chervel, les tâches de Lebeaume, ou les tâches et les objets de Develay.

Les compétences qui ne sont explicitées qu'au collège sont présentées associées à des notions et à des activités et reformulent souvent en termes « d'être capable de » la maîtrise des notions et/ou des tâches des activités associées.

Etant donné qu'en termes de contenus, elles doublent en général les contenus explicités en termes de notions ou d'activités, nous ne les prendrons pas en compte. Elles ne nous permettront pas en effet d'identifier de nouvelles pratiques sociales sélectionnées pour le programme.

Pour les notions/savoirs/ connaissances et les activités/tâches/objets, nous allons expliciter ces distinctions et exposer nos choix et leurs conséquences en termes d'analyse.

3. Les savoirs

a. Distinction entre « savoir » et « connaissance » (tableau 9, annexes partie II, p.22)

Le terme de savoir fait référence aux savoirs constitués, codifiés et décrits dans les documents officiels (programmes officiels) alors que celui de **connaissance** relève du sujet à la suite de processus de développement et d'apprentissage².

Les savoirs sont codifiés car socialement admis et valorisés. Ils répondent à la « *logique de la discipline à laquelle ils appartiennent ou aux pratiques sociales qui les ont générés* » (Jonnaert, 2006).

A l'inverse des savoirs, **les connaissances** sont spécifiques au sujet et font partie de leur patrimoine cognitif (Jonnaert, 2006).

Par ailleurs, Develay (1992) distingue les **connaissances déclaratives** relevant de l'ordre du discours ou du savoir, des **connaissances procédurales** qui relèvent de l'ordre de l'action ou du savoir faire.

Nous ne retenons pas les connaissances procédurales car si une connaissance qui se réfère au domaine de la cognition peut être qualifiée de procédurale, parler de savoir procédural est absurde (Jonnaert, 2006).

Notre investigation s'attachant à la description de la discipline « en directives » nous aurons accès à des savoirs et non aux connaissances d'un sujet.

b. Dans les programmes, les savoirs sont codifiés sous forme de texte

Les textes d'un programme d'étude relèvent des savoirs codifiés. En effet, les rédacteurs des programmes codifient sous forme de textes des savoirs (colonne « notions et contenus » des programmes de SVT) pour que des élèves se construisent des connaissances à leur propos.

² Conne ((1992) cité par JONNAERT, P. (2001)

La forme textuelle des savoirs programmatiques relève de règles d'écriture ou syntaxiques (règles qui président à l'ordre des mots et à la construction des phrases) et sémantiques (relatif au sens, à la signification) (Jonnaert, 2006).

Nous nous intéresserons essentiellement à ces textes du point de vue sémantique, c'est-à-dire de leur signification.

c. Les savoirs codifiés sous forme textuelle peuvent correspondre à des faits, des notions ou à des concepts

Les faits et les notions :

A priori, fait et notion correspondent tout deux « à une opération d'abstraction qui isole une réalité » (Develay, 1992, p.37). Une distinction peut être réalisée à partir d'un certain niveau où « une notion est explicative d'un ensemble de faits » (Develay, 1992, p.37). En conséquence en fonction du niveau d'étude du réel, une notion peut être comprise comme un fait et réciproquement.

Fait et notion sont donc dépendants : une notion pour être assimilée nécessite de s'ancrer sur un ensemble de faits dont elle recherche la cohérence, réciproquement un fait ne prend sens que par rapport à la notion qui l'englobe.

Notions et concepts intégrateurs:

Dans une discipline donnée, l'existence de notions plus englobantes que d'autres crée une hiérarchie entre les notions. Pour un niveau donné, la notion au pouvoir explicatif le plus englobant est appelée **concept intégrateur**.

La colonne « notions et contenus » des programmes de SVT comprend une mise en forme d'un ensemble de faits, de notions et de concepts.

Si pour notre questionnement des contenus, il peut être intéressant d'identifier des notions, distinguer parmi les énoncés de savoirs ceux qui correspondent à des faits, des notions ou des concepts ne nous paraît pas central.

d. Pour un niveau donné, la mise en forme textuelle des savoirs établit des réseaux notionnels

Les savoirs présents dans la colonne « notions et contenus » sont présentés sous forme d'une succession de phrases rédigées. Des sous-titres organisent ces énoncés.

L'identification des notions présentes dans ces énoncés et leur analyse sémantique peut permettre de repérer des mises en relation entre notions ou des mises en relation de notions avec des énoncés les concernant (différents éléments les caractérisant). Nous appellerons réseaux notionnels (Develay, 1992) la représentation sous forme de « représentation spatiale » de telles mises en relation.

e. Au cours du cursus scolaire, une notion peut être reformulée : registre de conceptualisation

Au cours d'un cursus scolaire, une notion peut être présente dans la colonne « notions et contenus » de différents niveaux d'enseignement. Pour chaque niveau, la notion peut être caractérisée par un **registre de conceptualisation** qui permet de définir le niveau d'exigence.

Nous nous appuierons sur ces registres pour caractériser des principes de progressivité pour les notions (**Tableau 12** de la partie II, p.119 du manuscrit).

4. Les tâches

Si Develay (1992) et Lebeaume (1999) proposent de caractériser une discipline scolaire par des tâches, les programmes d'enseignement de SVT ne font pas référence à la notion de tâche mais proposent tous des suggestions d'activités ou de travaux pratiques.

a. Distinction tâche-activité

Pour Develay (1992), les tâches que la discipline permet d'effectuer **constituent les activités** que les élèves doivent réussir (exemple en biologie : concevoir une expérience, la monter, la schématiser, interpréter des résultats, réaliser un élevage, une culture...). Il définit la tâche en situation d'apprentissage comme « *un but donné dans des conditions déterminées* »³. Ainsi « *la même tâche proposée à un groupe d'élèves peut correspondre, pour chacun d'eux à des activités très différentes, en fonction des problèmes qu'ils rencontrent* » (Develay, 1992). L'activité est donc celle de l'élève et la tâche le but proposé.

Questionnant la discipline « en directives » nous n'avons pas accès à l'activité de l'élève mais à quelques buts d'activités prescrits.

Par ailleurs, ces « activités ou travaux dirigés » en définissant de façon plus ou moins complète la nature des rencontres avec le monde vivant sont bien à comprendre comme des tâches au sens que Lebeaume (1999) leur donne pour l'éducation technologique : « *les tâches définissent la nature des rencontres et des approches fixant le rapport au monde de la technique des élèves auquel l'éducation technologique contribue* ».

les activités prescrites contribuent dans ce sens également à fixer le rapport au monde du vivant auquel contribue les SVT « en directives ».

Nous examinerons les « activités » ou « travaux pratiques » proposés dans les programmes en termes de « tâches ».

³ Leontiev cité par Develay, 1992.

b. Les « activités » proposées par les programmes de SVT comprennent des tâches, des objets et des outils

Develay (1992) caractérise une discipline scolaire par les objets qui lui sont spécifiques et qui sont censés faciliter les apprentissages de la discipline.

Il précise qu'il existe fréquemment un protocole, souvent implicite, qui préside à leur usage, d'où peut-être l'absence d'explicitation de la tâche associée dans les programmes.

Les objets « travailler sur » se distinguent des outils qui appellent un « travail avec » (Prairat, 1996).

Les « activités » ou « travaux pratiques » prescrits dans les programmes précisent parfois des tâches, des objets (travailler sur) ou des outils (travailler avec).

Concernant les contenus, nous examinerons les savoirs, tâches, objets et outils prescrits par les programmes de SVT.

Par savoir nous entendons les énoncés textuels de la colonne « notions et contenus » contenant des notions mises en relations entre elles et avec des énoncés s'y rapportant et susceptibles d'être associées à différentes formulations au cours d'un cursus scolaire.

Les tâches, les objets et les outils sont associés dans les énoncés de la colonne « activités ». Pour des raisons pratiques, nous regrouperons derrière le terme de « tâches » : tâches, objets et outils. Ces différentes dimensions identifiables dans les énoncés des « activités » prescrites seront reprises lors de l'examen des tâches se référant à des pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou de pratiques contribuant à mieux les appréhender.

D. Caractérisation des visées :

1. Les programmes présentent différentes visées hiérarchisées

Lors de notre exploration de la notion de discipline scolaire nous avons vu qu'elle se caractérisait par des finalités, des objectifs propres que Lebeaume (1999) regroupe sous le terme de visées que la discipline permet d'atteindre.

Les visées à atteindre en fin de scolarité (finalités du système éducatif) ou visées éducatives **reposent sur des décisions politiques** et sur les **projets sociaux et culturels** qu'elles recouvrent supposant des rôles, attitudes et compétences (Lebeaume, 1999). Leur hiérarchie modifie la discipline.

Les programmes d'enseignement du vivant ne font pas référence à la notion de visée mais ils explicitent de nombreux objectifs hiérarchisés (**tableau 8** des annexes de la Partie II, p.20) :

- des objectifs disciplinaires du cycle (collège ou lycée) explicités pour le collège dans un texte introductif aux « sciences de la vie et de la Terre au collège »⁴, et pour le lycée dans un texte introductif à « l'enseignement des sciences au lycée »⁵ ;
- des objectifs disciplinaires pour le niveau d'enseignement ;
- des objectifs pour chaque partie du programme d'un niveau d'enseignement (thème).

Nous avons choisi d'utiliser le terme de « visée » pour englober à la fois les objectifs ou finalités éducatives des programmes et les différents objectifs des SVT « en directives ».

Afin de pouvoir décrire la mise en cohérence de contenus (savoirs, tâches) avec ces différentes visées, nous proposons de caractériser les visées disciplinaires des différents cycles et programmes.

Il est à noter que toutes les visées que nous allons évoquées sont des **visées prescrites**. Elles ne correspondent pas forcément aux visées réellement poursuivies dans les classes par les enseignants de SVT.

⁴ Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Direction des lycées et collèges. (1996). Le BO Hors série. Programmes de 6ème. Collection collège. Saint Germain du Puy : CNDP.

⁵ **BO HS n°2 du 10-7-2001.**

2. Proposition d'une typologie des visées présentes dans les programmes de SVT

a. **Les visées explicitées dans les textes introductifs des cycles : identification de différentes visées et finalités**

Une analyse (**documents 5** et **tableaux 10** des annexes de la partie II, p.23 et p.25) des objectifs de cycle prescrits pour les SVT pour le collège et pour la classe de 3^{ème} (seul niveau de collège où la génétique est enseignée) et des sciences pour le lycée et des SVT pour les différents niveaux et filières en SVT permet de distinguer :

des visées qui correspondent à ce que la discipline doit faire acquérir « acquisition de méthodes, de notions, de connaissances, d'attitudes » ;

des finalités pour ces visées qui correspondent aux perspectives données à ces visées : « acquérir des méthodes nécessaires à la poursuite des études » ne correspond pas à la même finalité pour cette la visée d'acquérir des méthodes que « acquérir des méthodes utiles à la vie d'homme et de citoyen » ou que « acquérir des méthodes et des notions pour fonder un comportement responsable ».

La raison de cette distinction est de rendre compte de la hiérarchie des différentes perspectives tracées dans les programmes pour les SVT.

Les différentes visées et finalités identifiées sont :

1. **les visées disciplinaires :**

- a. visées de savoirs : acquérir des connaissances de base, des notions ;
- b. visée de savoir faire : acquérir des méthodes
- c. visée de savoir être : acquérir une attitude

2. **les finalités suivantes :**

- a. finalités citoyennes : pour former un citoyen ; pour fonder un comportement responsable ; finalités éthiques

- b. finalités de développement personnel (en termes de méthodes ou de compréhension du monde vivant) : pour former un individu
- c. finalités scolaires : pour poursuivre ses études
- d. finalités professionnelles : pour s'orienter vers des filières ou des métiers scientifiques ou techniques
- e. finalités d'ouverture sur le monde et les disciplines : pour se former sur des sujets importants pour soi et par rapport aux disciplines centrales de sa filière
- f. finalités disciplinaires : pour donner une image cohérente de la discipline scolaire
- g. finalités culturelles : pour acquérir une culture (ensemble de technicités partagées)

Coquidé et Vander Borght (1998) à partir d'un travail rétrospectif sur les recherches en didactique de la biologie ont identifié 3 finalités : des finalités utilitaires, démocratiques et éthiques. Rosmorduc (2000) pour la physique en identifie deux : finalités culturelles et utilitaristes et Lewis (2000), pour l'enseignement des sciences pour tous en Grande-Bretagne, en identifie trois : finalités utilitaires, démocratiques et « culturelles et sociales ». Le **tableau 15** des annexes de la partie II (p.31) récapitule ces différentes finalités et une proposition de caractérisation par ces différents auteurs.

Les finalités utilitaires proposées par ces auteurs correspondent au regroupement des visées de savoir et de savoir faire pour l'enseignement des sciences sans qu'aucune finalité ne soit associée.

Dans les programmes de SVT, ces finalités utilitaires pourraient correspondre aux finalités de développement personnel, aux finalités scolaires (poursuite des études) ou professionnelles. Les finalités citoyennes correspondent davantage à la catégorie des finalités démocratiques décrites par Coquidé et Vander Borght.

Les finalités démocratiques de Coquidé et Vander Borght correspondent à nos finalités citoyennes. Pour ces auteurs, les finalités démocratiques reposent sur des visées telles que : construire la rationalité du futur citoyen, exercer son esprit critique, développer des

comportements tels l'autonomie, éduquer à la responsabilité. Nous gardons pour ces finalités le terme de « citoyennes » pour les qualifier.

Les finalités éthiques de Coquidé et Vander Borght peuvent être incluses dans nos finalités citoyennes (2.a).

Les finalités culturelles de Rosmorduc (2000) et « culturelles et sociales » de Lewis et Wood-Robinson (2000) correspondent assez bien aux finalités culturelles (2.g) proposées pour la classe de seconde (avec un enseignement de l'évolution des idées). L'explicitation d'une finalité culturelle dans les programmes n'est pas toujours associée à des visées permettant une prise de recul par rapport aux connaissances acquises.

Les principales visées et finalités que nous avons identifiées pour les SVT « en directives » s'inscrivent parmi les finalités et visées classiquement repérées pour les sciences.

b. Inscription politique des finalités « citoyennes » des SVT « en directives »

Dans ces textes de programme, les finalités citoyennes telles « fonder des comportements responsables » (collège); « saisir les enjeux éthiques et sociaux auxquels est confronté le citoyen de notre temps » (2nde); « fournir des clefs pour se repérer dans les enjeux de société à venir » (1^{ère} L); « appréhender les enjeux éthiques et sociaux associés au progrès scientifique et aux nouvelles technologies » (1^{ère} ES) sont associées à des visées de savoir (acquérir des connaissances, une culture scientifique de base) et de savoir faire (acquérir l'esprit critique, un raisonnement scientifique) scientifiques.

Il nous semble que la formation du citoyen pour ces programmes passe par sa formation disciplinaire. Ainsi par exemple en troisième, les comportements responsables sont à fonder en raison, c'est-à-dire en s'appuyant sur les savoirs et savoir faire acquis en SVT.

Ces finalités citoyennes peuvent être interprétée comme s'inscrivant dans la visée d'éducation explicitée par Sachot⁶ pour l'éducation à la citoyenneté dans l'espace politique français

⁶ cité par Coquidé 2008

(**tableau 4**, Partie I, p.50) : « *Former un citoyen libre et responsable : c'est l'être lui-même qui doit être instruit. Son éducation est centrée sur le développement de l'esprit critique et de la raison* ».

Nous qualifierons ces finalités citoyennes de rationnelles.

c. variation des visées et finalités au cours du cursus scolaire proposée par les SVT « en directives »

A partir des tableaux 10, 11, 12, 13 et 14 et des documents 5, 6 et 7 des annexes de la partie II (p.25, 26, 28, 29 et 30), a été élaboré **le tableau 7** qui récapitule les visées et les finalités que nous avons identifiées pour les SVT dans les programmes publiés au BO de 1995 à 2002.

Tableau 7 : Tableau récapitulatif des propositions de visées et de finalités pour les SVT « en directives »

| Cycle/ niveau | 1.a | 1.b | 1.c | 2.a | 2.b | 2.c | 2.d | 2.e | 2.f | 2.g |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| collège | x | x | x | x | x | x | | | | |
| troisième | x | x | x | x | x | x | x | | x | |
| lycée | x | x | | x | x | | x | | | x |
| seconde | x | x | | x | x | x | x | | | |
| Première ES | x | x | | x | x | | | x | | |
| Première L | x | | | x | | | | x | | |
| Première S | x | x | | x | | | x | | | |
| TS | x | | | | | | | | x | |

Il est intéressant de noter que les **deux visées** quasi constamment associées aux SVT « en directives » sont **l'acquisition de savoir (1.a) et de savoir faire (1.b)**.

Deux finalités sont explicitées quasiment pour tous les niveaux: **les finalités citoyennes (2.a)** et **les finalités scolaires (2.c)** (poursuite d'étude) et/ ou **professionnelles (2.d)** (orientation vers des filières ou des métiers scientifiques).

Les premières ES et L sont caractérisées par des **finalités d'ouverture sur le monde et sur les autres disciplines (2.e)**.

La terminale S se distingue par l'explicitation dans ses programmes uniquement de visées de savoir. Elle est la seule classe avec la troisième pour laquelle sont explicitées dans les programmes des finalités disciplinaires (donner une image cohérente de la discipline en 3^{ème} et fournir un modèle dynamique complet de la Terre en TS).

La comparaison des visées explicitées pour le collège puis pour le lycée pour les sciences en général puis pour les SVT pour les différents niveaux des différentes filières montre une évolution des visées et des finalités prescrites pour les SVT.

En fonction du segment scolaire, un enseignement disciplinaire peut être général ou spécialisé. Ainsi en fonction des finalités éducatives du segment dans lequel s'inscrit la discipline scolaire, elle peut ou pas être conçue selon des visées et des finalités différentes ce qui entraîne des définitions de programme différentes (Lebeaume, 1999).

Finalités d'un enseignement général pour les SVT de collège et de seconde

Un enseignement général est essentiellement caractérisé par les visées éducatives qui contribuent à l'éducation de l'homme, du citoyen et du travailleur, (Lebeaume 1999 ; Develay, 1992, Charte 1992) soit aux finalités :

- 2.a- pour former un citoyen : finalités citoyennes ;
- 2.b- pour former un individu : finalités de développement personnel (en termes de méthodes ou de compréhension du monde vivant) ;
- 2.c- pour poursuivre ses études : finalités scolaires ;
- 2.d- pour s'orienter vers des filières ou des métiers scientifiques ou techniques : « finalités professionnelles ».

Ces finalités sont présentes au collège (2.a ; 2.b et 2.c et 2.d en troisième uniquement) et partiellement en 2^{nde} (2.a ; 2.c et 2.d).

L'inscription des SVT dans le cadre d'un enseignement général pour le collège et la seconde correspond aux finalités éducatives de ces cycles et niveaux. Le collège est le cycle de l'enseignement général puisque destiné à être suivi par tous les élèves. La seconde, classe charnière du lycée, est la seule classe du cycle qui sera fréquentée par quasiment tous les lycéens (enseignement général et technologique).

Il est intéressant de noter que l'enseignement des sciences au lycée s'inscrit également dans cette finalité d'enseignement général.

Finalités des SVT dans un contexte de spécialisation

Concernant l'élaboration des programmes de sciences expérimentales sur l'ensemble d'un cursus, Martinand (1994a) souligne que différents problèmes de définition des programmes et de conception des disciplines se posent notamment avec la distinction des filières de formation au lycée.

Martinand (1994a) suggère pour la conception des disciplines de filière de penser le problème non pas en termes de culture générale mais en termes de discipline de cœur, de service et d'ouverture (voir **tableau 8**).

Nous nous appuyerons sur cette typologie pour caractériser les SVT « en directives » aux différents niveaux du lycée, à l'exception de la seconde.

Tableau 8 : Tableau caractérisant les disciplines de service, d'ouverture et de cœur (d'après Martinand, 1994a)

| | |
|---|---|
| Discipline de « service » (Martinand, 1994a) | La discipline est au service de la formation par les disciplines de cœur, ses contenus et sa structure dépendent de ceux des disciplines de cœur auxquelles elle apporte des contributions. |
| Discipline d'ouverture (Martinand, 1994a) | La discipline apporte une idée de ce qui peut découler des connaissances et des avancées dans les domaines dont elle s'occupe avec une démarche qui relève plus de la popularisation que de l'apprentissage contrôlé. |
| Discipline de cœur (proposition de caractérisation) | La discipline est au cœur de la formation de la filière, elle apporte des concepts de base nécessaires pour la poursuite des études dans le cadre d'un apprentissage disciplinaire contrôlé |

Les visées et finalités explicitées dans les programmes de 1ère S (visées de savoir, savoir faire, finalités citoyennes et professionnelle (1.a, 1.b ; 2.a, 2.d)) et de TS (visées de savoir, finalités disciplinaires (1.a ; 2.f)) conduisent à catégoriser les SVT (discipline scolaire « en directives ») comme une discipline de cœur pour la filière S ou filière scientifique.

Les visées et finalités explicitées dans les programmes de 1ère ES (visées de savoir, savoir faire, finalités citoyennes et éthiques, d'ouverture (1.a, 1.b ; 2.a, 2.e)) et de 1ère L (visée de savoir, finalités citoyennes et d'ouverture (1.a ; 2.a, 2.e)) conduisent à catégoriser les SVT « en directives » des classes de première des filières L et ES parmi les disciplines d'ouverture notamment en raison de la présence des finalités d'ouverture (2.e). Les programmes de ces classes explicitent, en effet, le projet d'apporter des connaissances sur des sujets scientifiques ayant des implications personnelles et d'intérêt pour les disciplines de cœur de ces filières (sujets ayant des retombées socio-économiques pour la filière ES et pouvant apporter les bases d'une réflexion en philosophie pour la filière L).

L'inscription des SVT « en directives » dans ces différentes logiques disciplinaires (discipline d'enseignement général, discipline de cœur ou d'ouverture) sera particulièrement intéressante à prendre en compte lors de l'analyse pour les différents niveaux des pratiques sélectionnées comme référence pour les contenus disciplinaires et de leur mise en forme et en cohérence.

E. Caractérisation des méthodes d'enseignement

1. Au collège

L'introduction pour les SVT au collège⁷ ne donne aucune indication sur les méthodes d'apprentissage à mettre en œuvre. Par contre chaque introduction de programme pour le niveau considéré donne des éléments concernant les méthodes d'enseignement à mettre en œuvre.

⁷ Ministère de l'éducation nationale, de l'enseignement supérieur et de la recherche. Direction des lycées et collèges. (1996). Le BO Hors série. Programmes de 6ème. Collection collège. Saint Germain du Puy : CNDP.

Pour le programme de troisième (seul niveau du collège où des contenus de génétique sont enseignés), « *le recours aux objets, aux manipulations, aux expérimentations qui permettent d'exercer la « **méthode expérimentale** » dans le cadre des problèmes scientifiques qui fondent les sujets et orientent les démarches* »⁸.

Les **documents d'accompagnement**⁹ caractérisent la démarche à mettre en jeu de démarche explicative et non plus de méthode expérimentale, **le cadre de référence reste la résolution des problèmes scientifiques.**« *Pour atteindre ces objectifs, le professeur met en jeu des démarches explicatives, fondées sur la résolution de problèmes scientifiques. Ils sont formulés sous la direction du professeur, en tenant compte des acquis, à partir de faits d'observation, de données d'actualité, par exemple relatives à la santé et à l'environnement.* »

2. Au lycée

a. Pour les sciences

Le texte présentant l'enseignement des sciences au lycée (BO HS n°2 du 10-7-2001), précise concernant la méthode d'enseignement qu'il « [...] *faut privilégier avant tout l'enseignement de la démarche scientifique incluant l'apprentissage de l'observation et de l'expérience.* »

b. Pour les SVT

Seul le programme de seconde¹⁰ dans son introduction évoque la méthode d'enseignement à mettre en œuvre. Elle est caractérisée comme « *une **démarche explicative et critique** qui comprend des observations, des expérimentations, des analyses de documents et des synthèses* ».

⁸ BO hors-série n°10 du 15 octobre 1998 (programme de 3^{ème}).

⁹ Cf. bibliographie, rubrique « documents d'accompagnement ».

¹⁰ BO hors-série n°6 du 12 août 1999.

En terminale S, les documents d'accompagnement¹¹ précisent que c'est une **démarche réflexive** qui est à mettre en œuvre et qu'elle doit permettre à l'élève de comprendre ce qu'est une **démarche scientifique**.

Sur l'ensemble du cursus, malgré les variations de vocabulaire qui correspondent, au moins en TS, à la prise en compte d'une « *évolution de la didactique de la discipline* »¹², l'élève est à mettre dans une situation de recherche (cadre des résolutions de problème au collège, démarche scientifique pour les sciences au lycée, démarche explicative en seconde et démarche réflexive en TS).

Les principes constructeurs des disciplines scolaires sont traités dans le chapitre suivant portant sur les différents principes qui organisent les disciplines scolaires.

II. Différents principes organisent les disciplines scolaires

A. Principes qui organisent les disciplines scolaires

La conceptualisation des disciplines scolaires par la notion de curriculum ou par celles de matrice disciplinaire (Develay, 1992) ou de matrice curriculaire (Lebeaume, 1999) met en évidence l'identification par ces auteurs de **différents principes organisateurs** qui rendent intelligible ce « grand ensemble » qu'est une discipline scolaire :

- **des principes fondateurs :**

- la matrice disciplinaire de Develay (1992), paradigme scientifique qui organise et rend signifiant les contenus de la discipline scolaire ;
- la cohérence interne entre les tâches, les visées et les références de la matrice curriculaire de Lebeaume (1999) ;

¹¹ Cf. bibliographie, rubrique « Documents d'accompagnement ».

¹² Idem.

- **des principes constructeurs** : organisation globale de la discipline « en directives » : cohérence entre contenus, visées et références, structuration d'ensemble (progressivité, continuité, discontinuité, rupture)) qui présentent une :
 - o une dimension systémique : mise en cohérence des contenus relevant des savoirs (entre des énoncés appartenant à une même partie de l'enseignement, (réseau notionnel de Develay); au niveau d'une thématique ou d'un programme, organisation des parties d'un thème ou des thèmes d'un programme (réseau thématique)) ;
 - o une dimension temporelle :
 - progression des apprentissages selon un processus ordonné et étalé dans le temps ;
 - définition de ruptures, de continuités et de discontinuités pour les visées, contenus et références.

B. Repérage de l'organisation des programmes élaborés pour les SVT

L'analyse comparée des programmes de SVT¹³ a permis de mettre en évidence que la rédaction des programmes d'enseignement du vivant présente une organisation structurée et commune sur l'ensemble du secondaire dont la **figure 3** (p.94 du manuscrit) rend compte.

Les programmes de collège et de lycée présentent:

- une introduction pour chaque niveau qui précise systématiquement les objectifs de l'ensemble du programme en détaillant éventuellement les objectifs principaux des grandes parties, la démarche d'enseignement ou méthodologie, l'organisation de l'enseignement, ou encore l'évaluation. Des éléments explicitant des cohérences verticales ou horizontales disciplinaires (logique du programme) ou interdisciplinaires (relations avec d'autres disciplines) peuvent également être présents.
- un découpage par thème qui comprend en général :

¹³ Les références de ces programmes sont récapitulées dans le tableau 1 des annexes de la partie I, p.10.

- une introduction précisant les objectifs spécifiques du thème, des éléments de cohérence verticale, horizontale disciplinaire ou interdisciplinaire peuvent être présents ;
- Un tableau composé de deux ou trois colonnes au collège (notions-contenus ; compétences et exemples d'activités) et de deux colonnes au lycée (correspondant soit aux notions et contenus et aux limites en 2^{nde}, soit aux notions et contenus (explicités avec leurs limites) et aux activités envisageables en 1ère S, ES, L et TS).

En seconde les travaux pratiques envisageables et les relations transversales avec le programme de physique chimie constituent des paragraphes autonomes à mettre en relation avec la colonne notions et contenus.

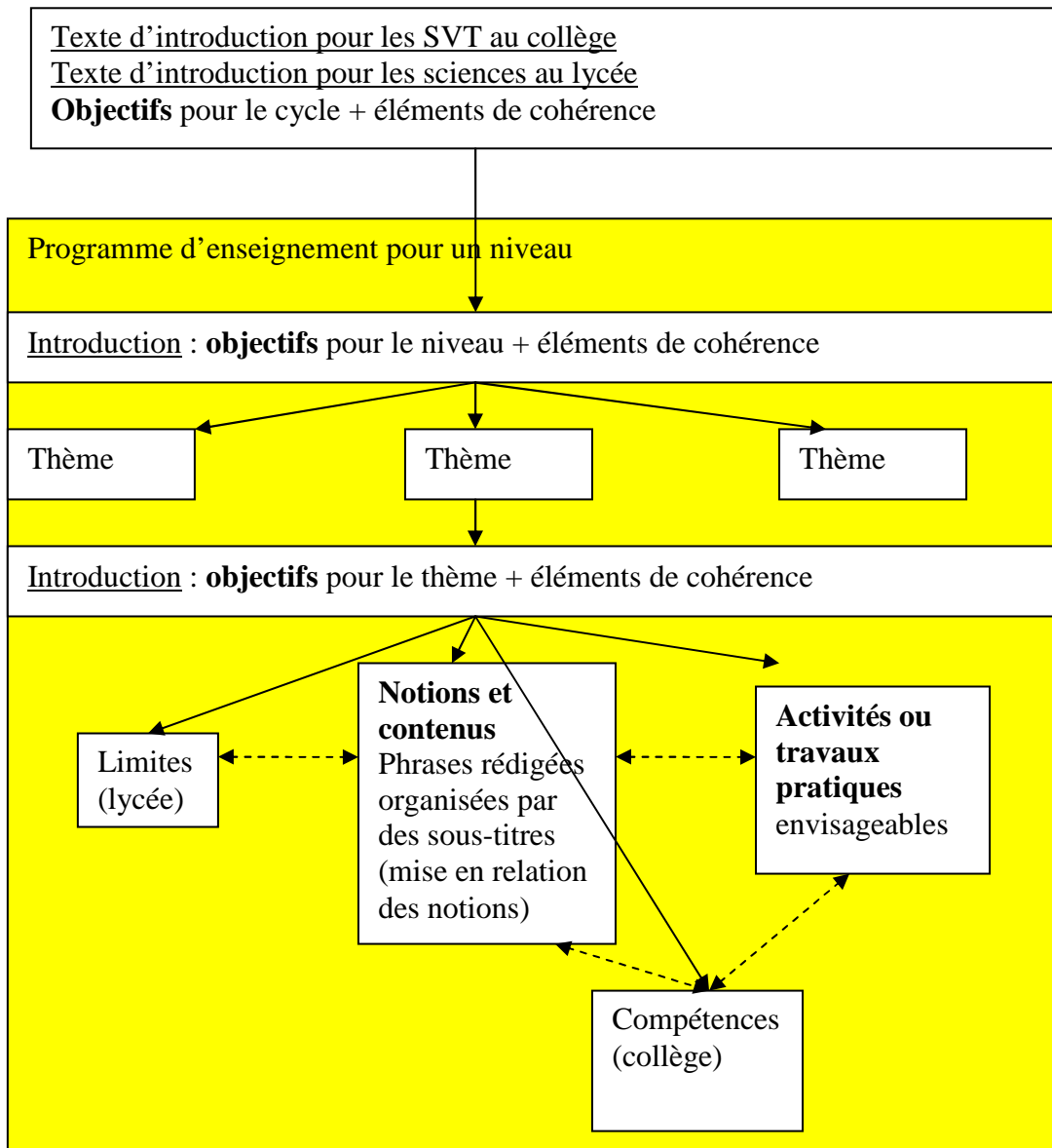
Les notions et contenus sont présentés sous forme d'une succession de phrases rédigées. Des sous-titres organisent ces énoncés.

Mise en lien implicite des contenus (notions-contenus et activités) :

En termes de présentation, le positionnement relatif dans les différentes colonnes des différents énoncés relatifs aux « notions et contenus », aux « activités ou travaux pratiques envisageables », aux « compétences » ou aux « limite »s les met implicitement en lien.

Ainsi sont présentés à proximité des notions et contenus et de leurs limites, les activités ou travaux pratiques envisageables qui peuvent contribuer à les construire et les compétences que l'apprentissage permis par ces activités et/ou associé à l'acquisition des notions et contenus permet de travailler.

Figure 3 : Organisation structurée et commune des programmes d'enseignement de SVT



Légende de la figure 3 :

—————> : mise en lien implicite ou explicite par un énoncé textuel

-----> : mise en lien implicite par rapprochement spatial

Les programmes sont donc structurés en introductions successives explicitant des objectifs de plus en plus précis (pour le niveau, puis le thème) associés à des énoncés relatifs aux différentes cohérences (verticale, horizontale ou entre disciplines). Sont ensuite explicités

pour chaque thème, en parallèle des notions et contenus, des activités et compétences suggérant des mises en relation entre certaines notions, activités et compétences.

Conclusions concernant les principes fondateurs :

Concernant la matrice disciplinaire, aucun élément n'explicitant un paradigme qui donnerait cohérence à l'ensemble d'un programme ou même d'un thème n'est indiqué. Il est par contre possible comme le suggérait Develay, à partir des contenus sélectionnés et des visées de savoir d'explicitier un paradigme en cohérence avec une association particulière de savoirs et de visées. **Le paradigme explicité constituera donc une proposition, une hypothèse**, dont l'intérêt pour notre questionnement est de mieux saisir la mise en cohérence des contenus qui se référeraient à des pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou de pratiques qui contribuent à leur compréhension.

Concernant la mise en cohérence de tâches ou plus largement de contenus avec des visées et des références, elle reste également implicite. La seule référence explicite est celle des tâches aux pratiques scientifiques de recherche (raisonnement scientifique, esprit expérimental, démarche scientifique, etc....)

L'identification de contenus ou de visées se référant à des pratiques sociales constituera donc également une proposition, une hypothèse.

Il est à noter que ces cohérences peuvent être explicitées :

- au niveau des cycles ;
- au niveau des niveaux ;
- au niveau des thèmes.

Conclusions concernant les principes constructeurs :

Pour chaque programme, il est possible :

- à partir de la mise en texte des savoirs de la colonne « notions et contenus » de repérer des notions, les énoncés s'y rapportant et les mises en lien avec d'autres notions ;
- à partir de la mise en page, de mettre en relation les savoirs avec certaines des tâches et des objets proposés dans la colonne « activités » ;

- à partir du découpage successif en introductions générales, puis thématiques, de mettre en relation ces savoirs et ces tâches, objets et outils avec les visées explicitées pour chacun des thèmes et avec les visées du programme pour le niveau, voire pour le cycle.

Ces différentes mise en relation ne sont pas explicitées et constitueront également des propositions de mise en relation.

Pour l'ensemble des programmes si certains énoncés explicitent des mises en relations entre niveaux, la progression pensée pour les contenus (savoirs, tâches, objets, outils), les continuités et ruptures pensées pour les visées et les références sont parfois explicitées mais restent le plus souvent implicites.

Nous avancerons également des propositions concernant les principes de progressivité de certaines notions et de certaines tâches et concernant des continuités ou des ruptures pour l'ensemble des programmes.

C. Les principes fondateurs

1. Explicitation de différents paradigmes dans lesquels s'inscrivent les enseignements de génétique présents dans les programmes de SVT publiés de 1995 à 2002

Develay (1992) souligne que le choix d'une matrice disciplinaire renvoie à un choix idéologique rarement explicité. La matrice disciplinaire est donc, comme pour les SVT « en directives », souvent implicite.

En outre, pour une discipline prise dans sa dimension temporelle, elle peut varier d'un niveau à l'autre, d'une filière à l'autre, ou au contraire, une discipline pour un même niveau peut correspondre à la juxtaposition de plusieurs matrices.

Develay (1992) considère que l'analyse des sélections réalisées pour les différents éléments composant la discipline permet d'expliciter une matrice disciplinaire implicite qui correspond au paradigme disciplinaire ou au point de vue qui donne cohérence à l'ensemble des choix.

Elle renvoie pour son identification pour une discipline scolaire à la connaissance des grands paradigmes des champs de recherche contemporains.

La génomique s'inscrit en tension entre deux visions du vivant : la vision informationnelle ou « du tout génétique » dont le projet génome humain représente l'exploitation maximale (Atlan, 1999) et une vision moins génocentrée plus systémique que le caractère décevant des résultats des séquençages entrepris dans le cadre du projet génome humain a contribué à confirmer. La post-génomique s'inscrit dans cette nouvelle vision. Les travaux actuels de génomique peuvent également s'inscrire dans cette nouvelle vision.

Afin de pouvoir discuter dans quelle mesure les contenus des programmes de SVT se référant à des pratiques de génomique ou de post-génomique ou à des pratiques contribuant à les appréhender sont comparables à ces pratiques, il est important de savoir dans quelle vision s'inscrivent les contenus de génétique avec lesquels ces pratiques sont mises en relation.

Nous proposons donc de caractériser ces deux visions et d'explicitier la ou les visions dans lesquelles les contenus d'enseignement de génétique des programmes de SVT (de la troisième à la Terminale) s'inscrivent.

Caractérisation des deux visions

Il ne s'agit pas ici de présenter de façon complète et détaillée ces deux visions, ni de faire un travail d'épistémologue, mais de les caractériser. Un travail de synthèse (**document 10** des annexes de la partie II, p.38) de différents écrits d'historiens, de philosophes des sciences, de scientifiques réfléchissant à l'évolution de leurs disciplines nous a permis d'élaborer le **tableau 9** (p.98) recensant les principales caractéristiques de chacune de ces deux visions.

Six dimensions d'analyse ont été retenues :

- 1- relations ADN- protéines
- 2- structure 3D des protéines et structure d'un gène
- 3- Code génétique
- 4- Support(s) de l'hérédité
- 5- Rôle des gènes dans l'établissement d'un caractère
- 6- Méthodologie mise en œuvre

Les caractères réductionnistes et déterministes des ces visions n'ont pas été retenus comme dimension car ils sont une conséquence des autres dimensions.

Tableau 9 : Tableau recensant les caractéristiques des deux visions en tension dans le champ des recherches scientifiques en génétique

| Dimensions retenues | Vision informationnelle/ du « tout génétique » | Vision systémique ou nouvelle vision |
|--|---|--|
| 1-Relations ADN-protéines | Dogme centrale de la biologie moléculaire : causalité unidirectionnelle et linéaire de l'ADN vers les protéines : impact faible ou nul du milieu sur l'expression des gènes en protéines. | Relations complexes entre gènes et protéines : épissage, modifications post-traductionnelles |
| 2-structure 3D des protéines et structure d'un gène | La séquence des nucléotides détermine la séquence unidimensionnelle d'acides aminés qui détermine une seule structure tridimensionnelle | La séquence d'ADN renseigne peu sur les protéines qu'elle code : La structure du gène est morcelée. |
| 3-Code génétique | Interprété en termes de programme génétique | Le génome est redéfini comme une base de données. |
| 4-Support(s) de l'hérédité | ADN | Mise en évidence d'autres supports d'hérédité: mécanismes épigénétiques, propriétés physico-chimiques des molécules constituant l'organisme |
| 5-Rôle des gènes dans l'établissement d'un caractère | Discours de l'action génique : Le gène était donc défini comme un lieu invariable et unitaire de structure, de fonction mais aussi comme un lieu d'action causale reliant notamment le gène à un | Importance de la machinerie cellulaire pour interpréter un gène Fonctionnement des gènes caractérisé par : - une organisation en réseaux du fonctionnement des gènes |

| | | |
|----------------|---|--|
| | <p>caractère.</p> <p>La relation de causalité entre gène et caractère est établie par les propriétés enzymatiques des protéines codées.</p> | <p>(interactions des produits des gènes) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> - la pléiotropie : chaque produit de gène participe à la réalisation de multiples caractères ; - la redondance : Plusieurs gènes de structure proche participent à la réalisation d'un caractère ; - la conservation au cours de l'évolution. <p>L'action des gènes, de leurs produits s'exerce à travers la hiérarchie d'organisation et de structure du monde vivant.</p> <p>Un caractère résulte des interactions entre différents gènes et le milieu.</p> |
| 6-méthodologie | Approche ascendante | Approches articulant des approches ascendantes et descendantes |
| Réductionnisme | Ontologique, épistémologique et méthodologique | Fin d'un certain réductionnisme ontologique |
| Déterminisme | Déterminisme génétique | Atténuation forte du déterminisme génétique |

Inscription des contenus d'enseignement en génétique des programmes de SVT dans ces deux visions : proposition de matrices disciplinaires pour ces contenus

Les contenus d'enseignement en génétique des programmes de SVT des différents niveaux ont été analysés en utilisant le **tableau 9** comme grille d'analyse.

Les résultats du repérage de l'inscription plus ou moins forte des contenus d'enseignement en génétique par rapport aux différentes dimensions des deux visions sont proposés dans le **tableau 10** (p.101 du manuscrit).

Ce repérage montre une rupture nette entre la seconde et les classes de première.

De la troisième à la seconde, les contenus d'enseignement en génétique des programmes de SVT s'inscrivent dans une vision plutôt déterministe :

- le code génétique est interprété en termes de programme génétique ;
- une relation de causalité linéaire est établie entre la possession d'un gène et un caractère (à nuancer en 3^{ème} : le rôle de l'environnement sur les variations d'un caractère est indiqué) ;
- la démarche proposée est une démarche ascendante du gène vers le caractère ne prenant pas ou peu en compte les différents niveaux d'organisation.

En première et en terminale, les contenus d'enseignement en génétique s'inscrivent plutôt dans la nouvelle vision :

Sont notamment introduits dans ces programmes :

- l'idée de complexité entre génotype et phénotype ;
- une démarche articulant les approches descendante et ascendante et prenant en compte les différents niveaux d'organisation.

Il est néanmoins à noter que la complexité entre ADN et protéine n'est pas introduite. Les élèves restent donc avec l'idée qu' « un gène code pour une protéine ».

Par ailleurs, aucun support d'hérédité autre que l'ADN n'est évoqué au cours de l'ensemble de la scolarité sauf en 1^{ère} S, niveau pour lequel le programme évoque rapidement les modifications épigénétiques pour une activité du thème « La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux ».

Tableau 10 : Inscription des contenus d'enseignement en génétique dans les différentes visions (contenus des programmes publiés au bulletin officiel (BO) de 1995 à 2002 pour les SVT)

| Contenus des programmes d'enseignement des classes de | Vision informationnelle | | | | | | Nouvelle vision | | | | | |
|---|-------------------------|---|---|---------|---|---|-----------------|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| troisième | | | X | X (chr) | X | X | | | | | X | |
| seconde | | ? | X | X | X | X | | | | | | |
| Première ES | X | ? | | X | | | | | | | X | X |
| Première L | X | ? | | X | | | | | | | X | X |
| Première S | X | ? | | | | | | | X | | X | X |
| Terminale S | X | ? | | X | | | | | | | X | X |

Légende :

X : indique que cette dimension d'analyse est présente dans les contenus d'enseignement en génétique des programmes de SVT

Chr : signifie chromosome : en troisième le support de l'information génétique est le chromosome

? : indique que cette dimension d'analyse est implicitement présente dans les contenus d'enseignement en génétique des programmes de SVT

2. Explicitation des différentes cohérences « tâche-visée-référence »

Différentes cohérences

Lebeaume (1999) identifie trois types de cohérence entre les tâches, les visées et les références :

une cohérence scolaire par rapport au milieu scolaire qu'il appelle la compatibilité (progressivité) ;

une cohérence par rapport aux pratiques sociales ou **authenticité** ;

une cohérence interne qui lie les tâches des élèves à leurs visées éducatives et aux pratiques sociales de référence.

Parmi ces différentes cohérences, nous ne retiendrons que la cohérence interne.

La cohérence scolaire (notamment les principes de progressivité mis en œuvre) sera discutée lors de l'explicitation des dimensions d'analyse de l'organisation temporelle des SVT « en directives ».

L'authenticité sera discutée dans le paragraphe sur les pratiques de référence.

La cohérence interne se définit à différents niveaux

La cohérence interne qui lie les tâches des élèves à leurs visées éducatives et aux pratiques sociales de référence est nécessaire à l'échelle d'une activité, mais aussi au niveau des cours et des cycles des segments scolaires (Lebeaume, 1999).

Cohérence interne implicite au niveau d'un cycle, d'un niveau

Cette cohérence tâche-visée-référence peut être établie pour le programme d'un niveau ou d'un cycle. Les tâches correspondant dans ce cas aux tâches des élèves dans le cadre des démarches d'enseignement prescrites.

Les visées avancées pour la discipline pour un niveau ou un cycle sont en général associées à diverses finalités que nous indiquerons également.

Cohérence interne implicite au niveau d'un thème

Au niveau d'un thème, la prise en compte de la tâche ne suffit plus. En effet pour les programmes de SVT, les contenus retenus sont les savoirs, les tâches, les objets et les outils. Nous chercherons donc à expliciter des cohérences entre ces contenus, les visées thématiques et les références implicites que nous aurons explicitées par ailleurs.

Proposition de représentations spatiales explicitant une cohérence interne « tâche-visée-référence »

En nous appuyant sur l'analyse déjà réalisée des visées et des finalités, proposée dans les **documents 5, 6 et 7** des annexes de la partie II (p.23, 27 et 28), et sur l'analyse des démarches d'enseignement proposée dans **les documents 8 et 9** des annexes de la partie II (p.34 et 36), nous proposons une représentation spatiale des mises en cohérence de ces visées/finalités, tâches (démarche d'enseignement, outils, objets) avec des références **pour les différents cycles, collège et lycée, figures 4 et 6** (p.104 et 106), et **pour les différents niveaux de ces cycles concernés par l'enseignement de la génétique, la 3^{ème}, la 2^{nde}, les 1ères ES, L et S et les TS et TS-spécialité thème II , figures 5, 7, 8, 9, 10, 11 et 12** (p.105 à 112).

Légende pour toutes les figures :

- **les finalités** : sont inscrites dans des figures ovales et surlignées en jaune
- **les visées** : sont inscrites dans des figures ovales
- **les références** : sont inscrites dans des figures rectangulaires et sont mises en cohérence avec les tâches et les visées par des **doubles flèches bleues**
- **les tâches** : sont inscrites dans des figures rectangulaires et sont mises en cohérence avec les visées et/ou les finalités par des **doubles flèches vertes**

L'épaisseur des flèches variable suggère « la force » de la mise en cohérence.

Les traits de flèche en pointillés suggèrent une mise en cohérence possible.

Figure 4 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT au collège

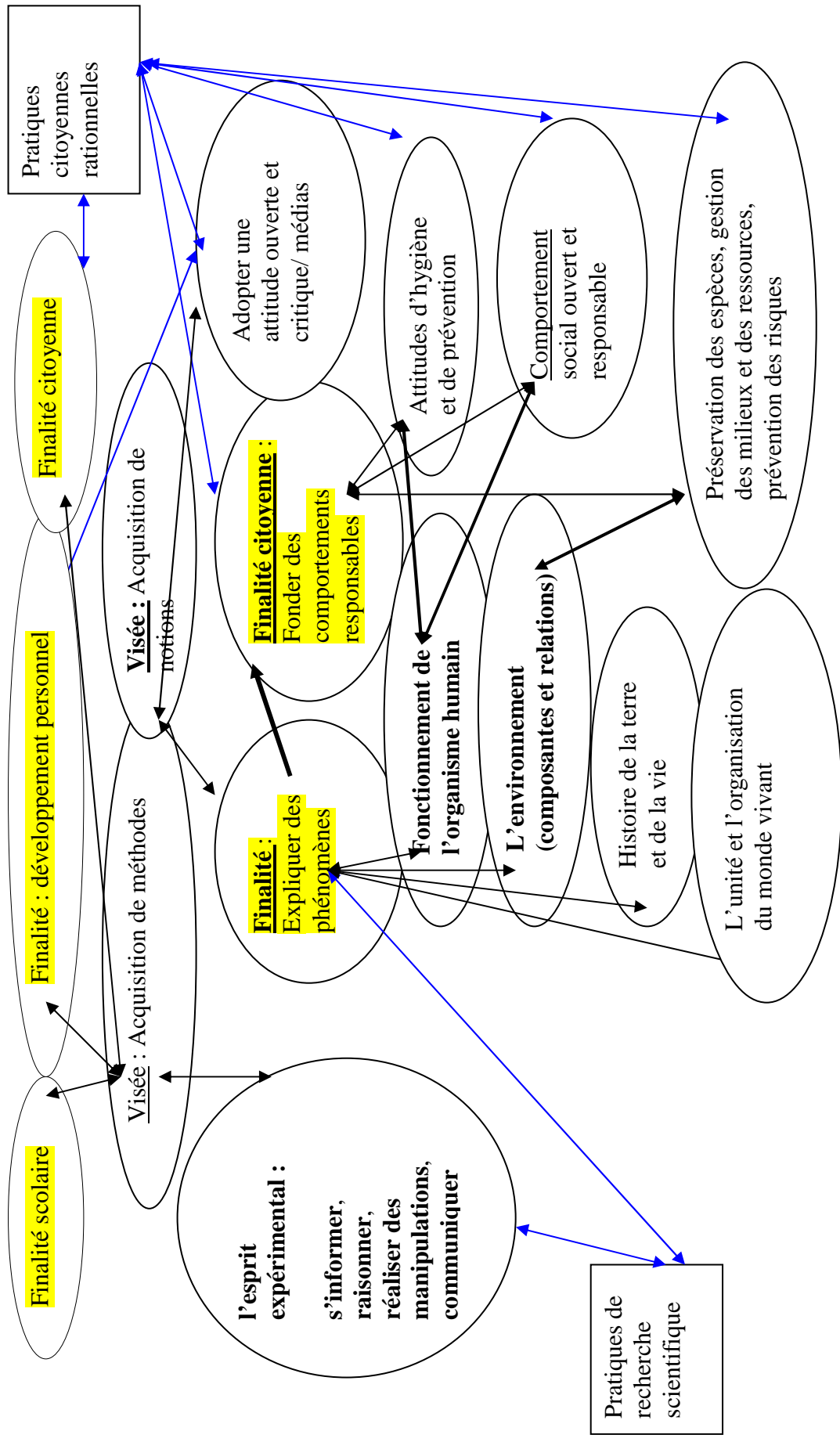


Figure 5 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées-références » pour les SVT en troisième

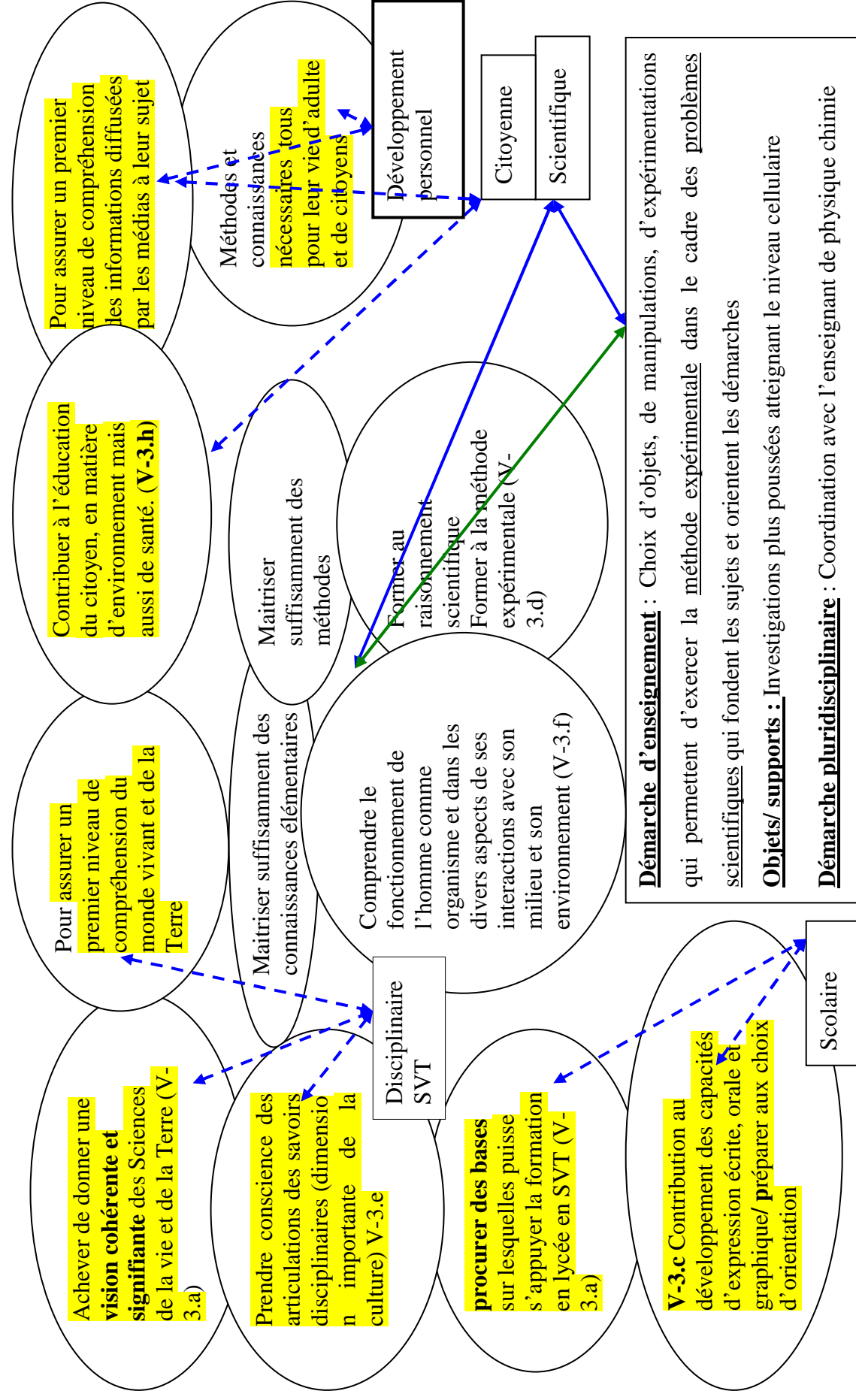


Figure 6 : Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées-références » pour les sciences au lycée

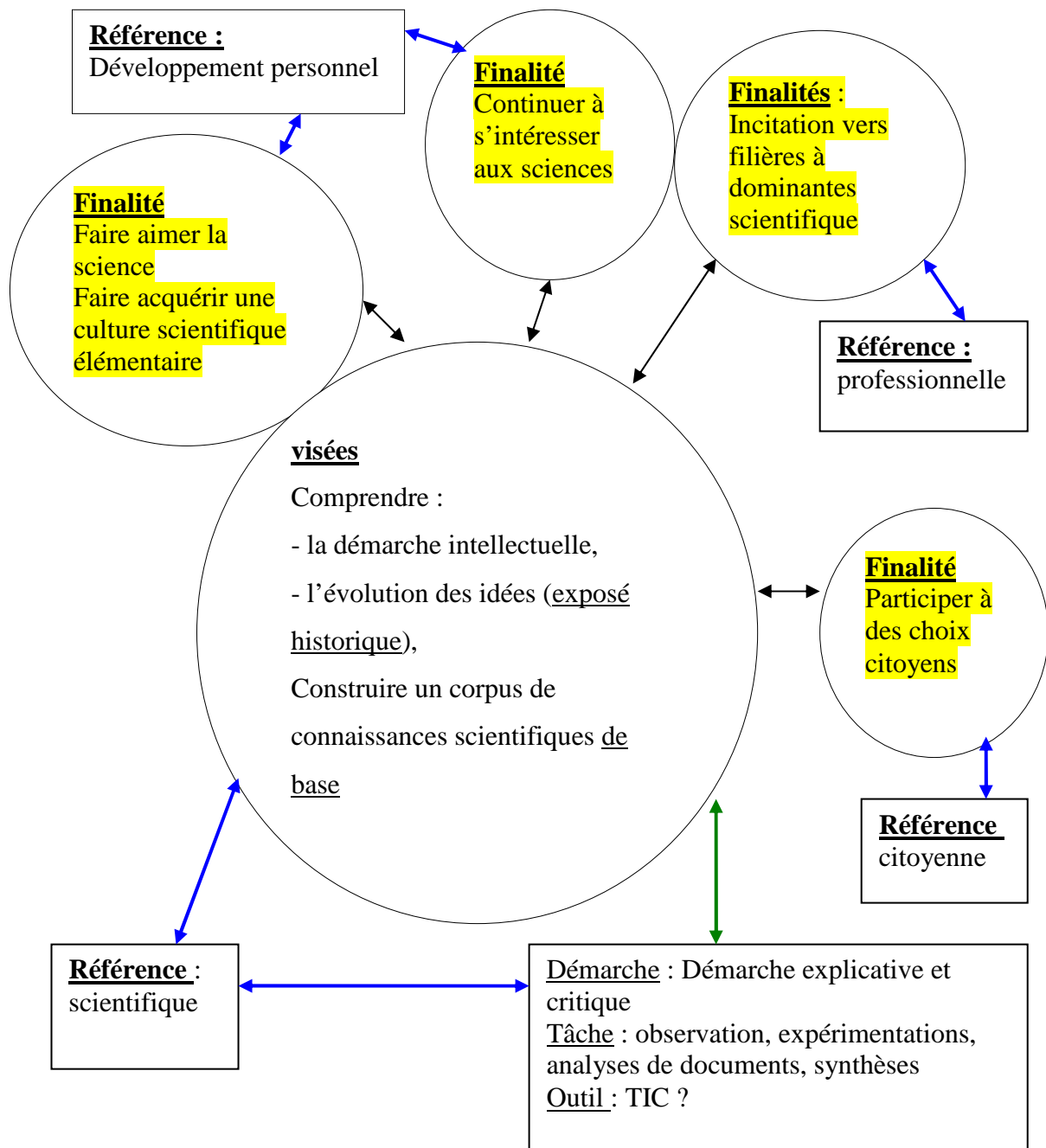


Figure 7: Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches-visées- références » pour les SVT en seconde (2nde)

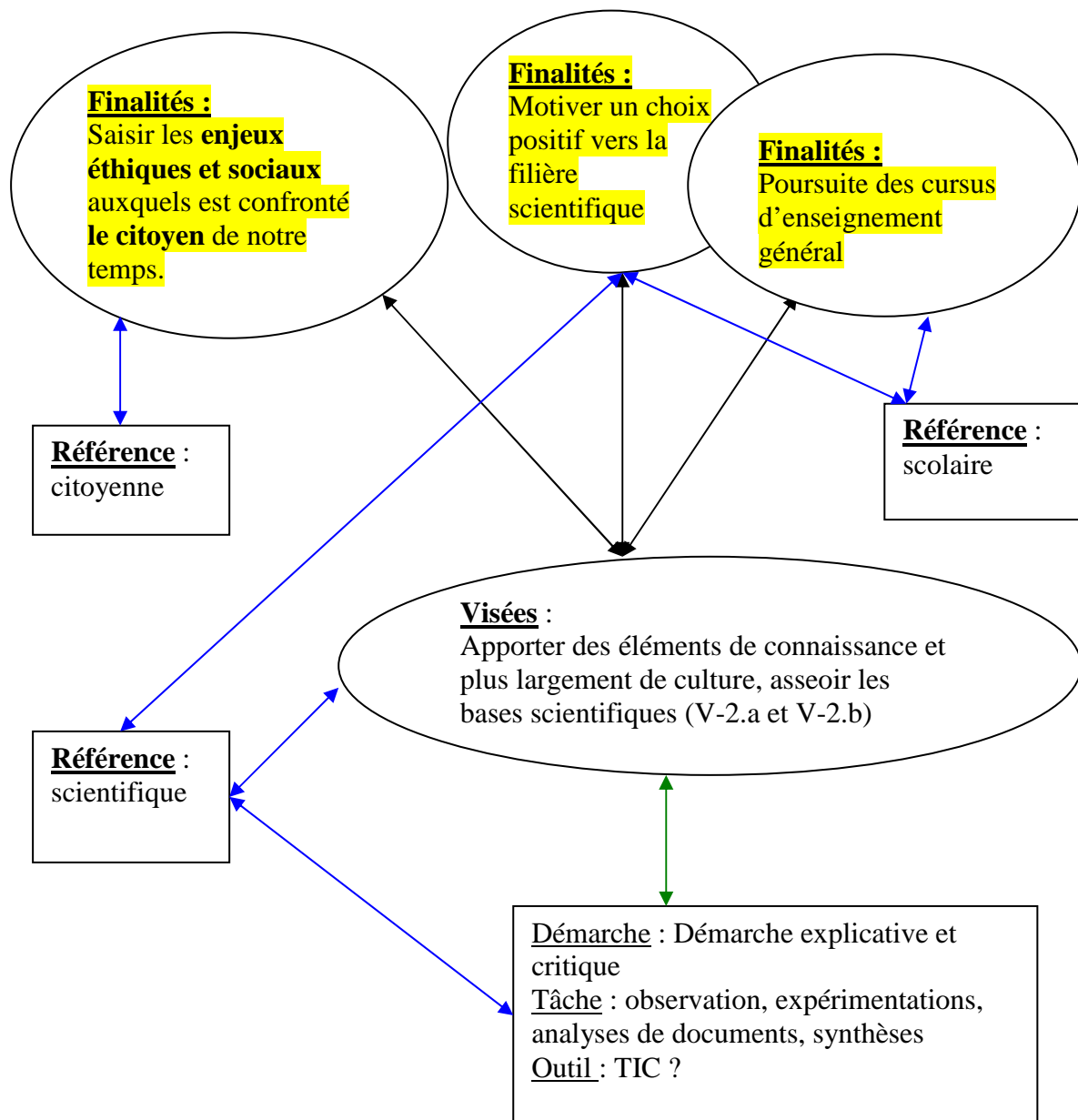


Figure 8: Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en première ES

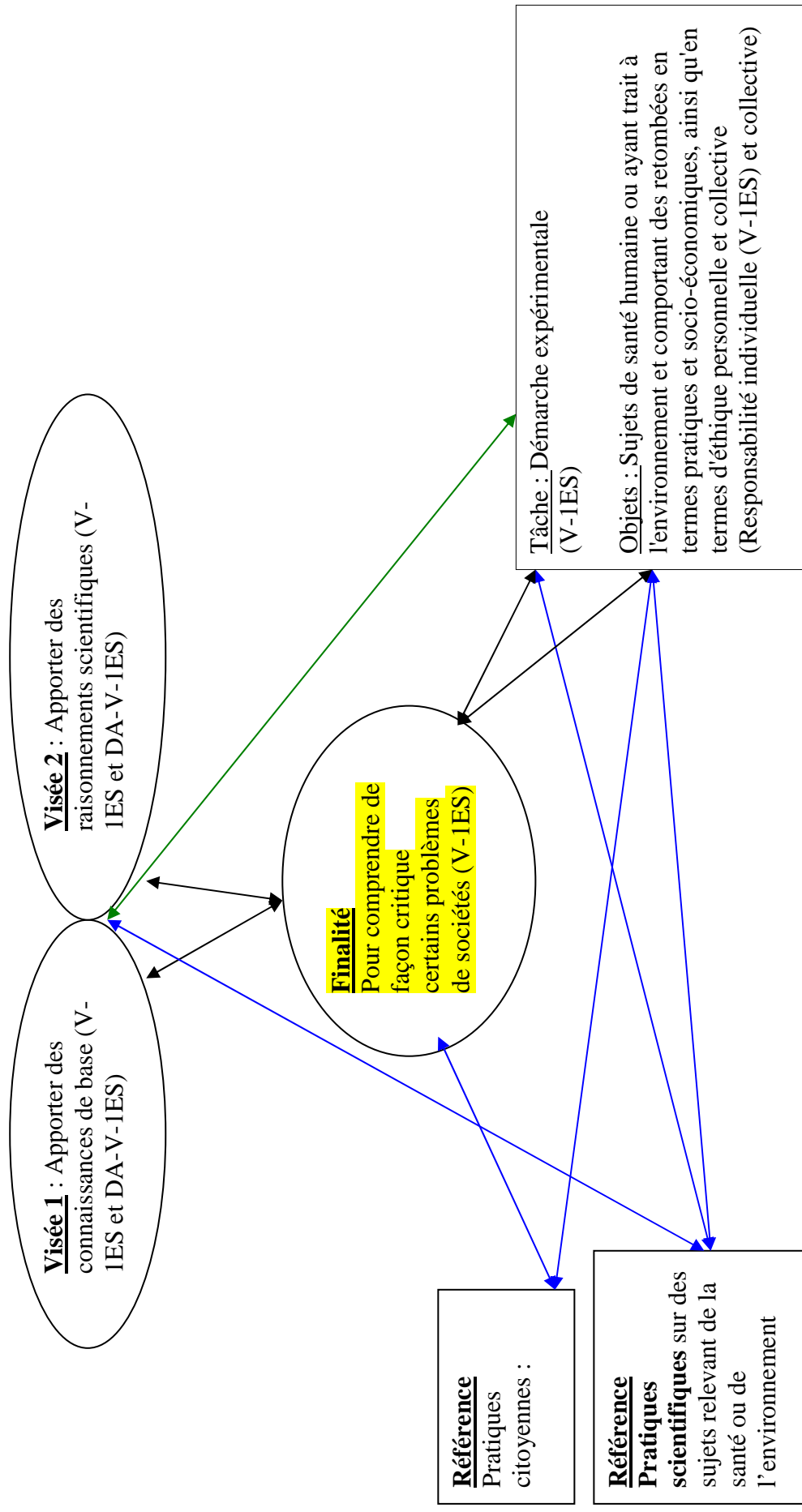


Figure 9: Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en première L

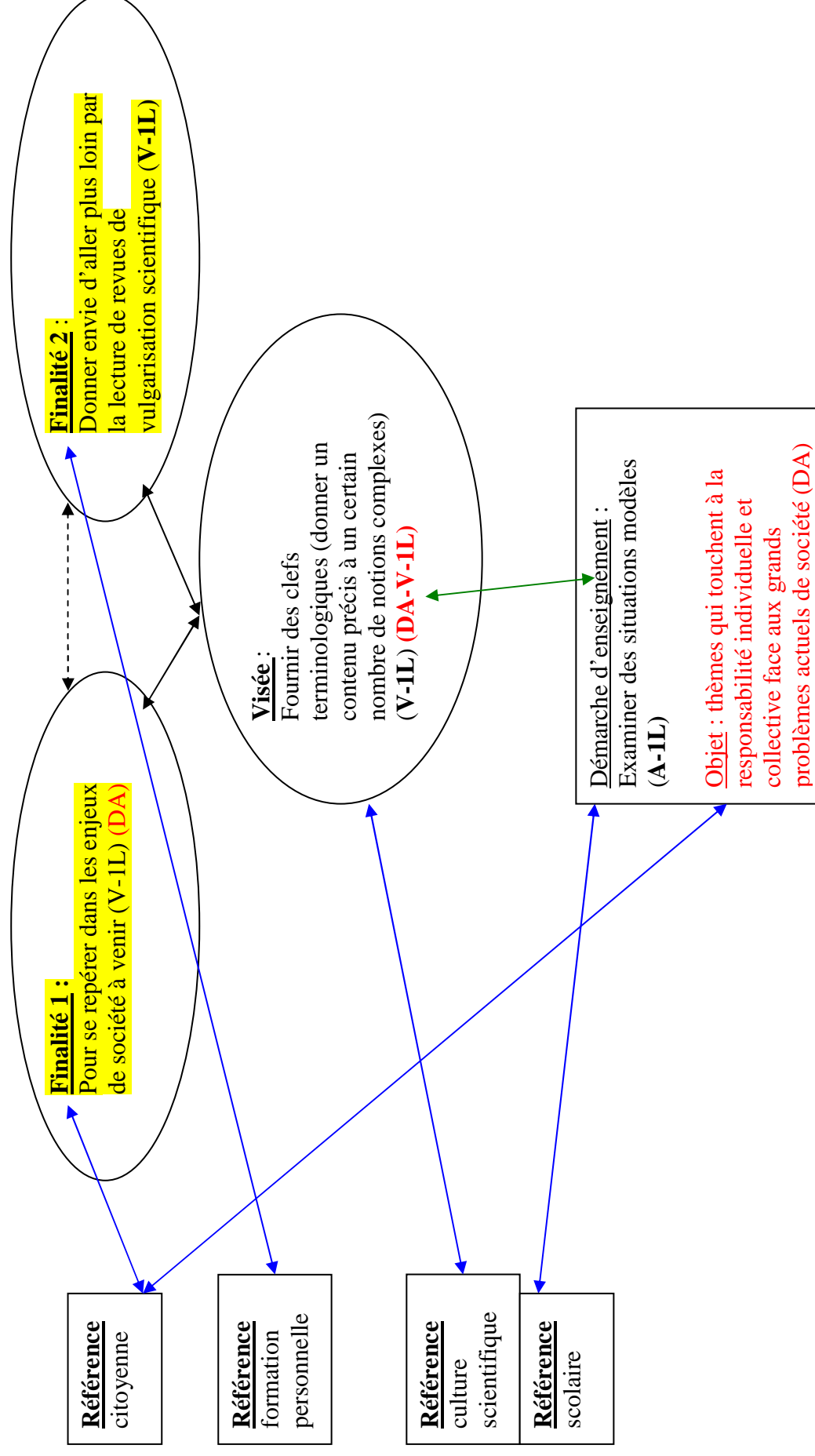


Figure 10: Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en première S

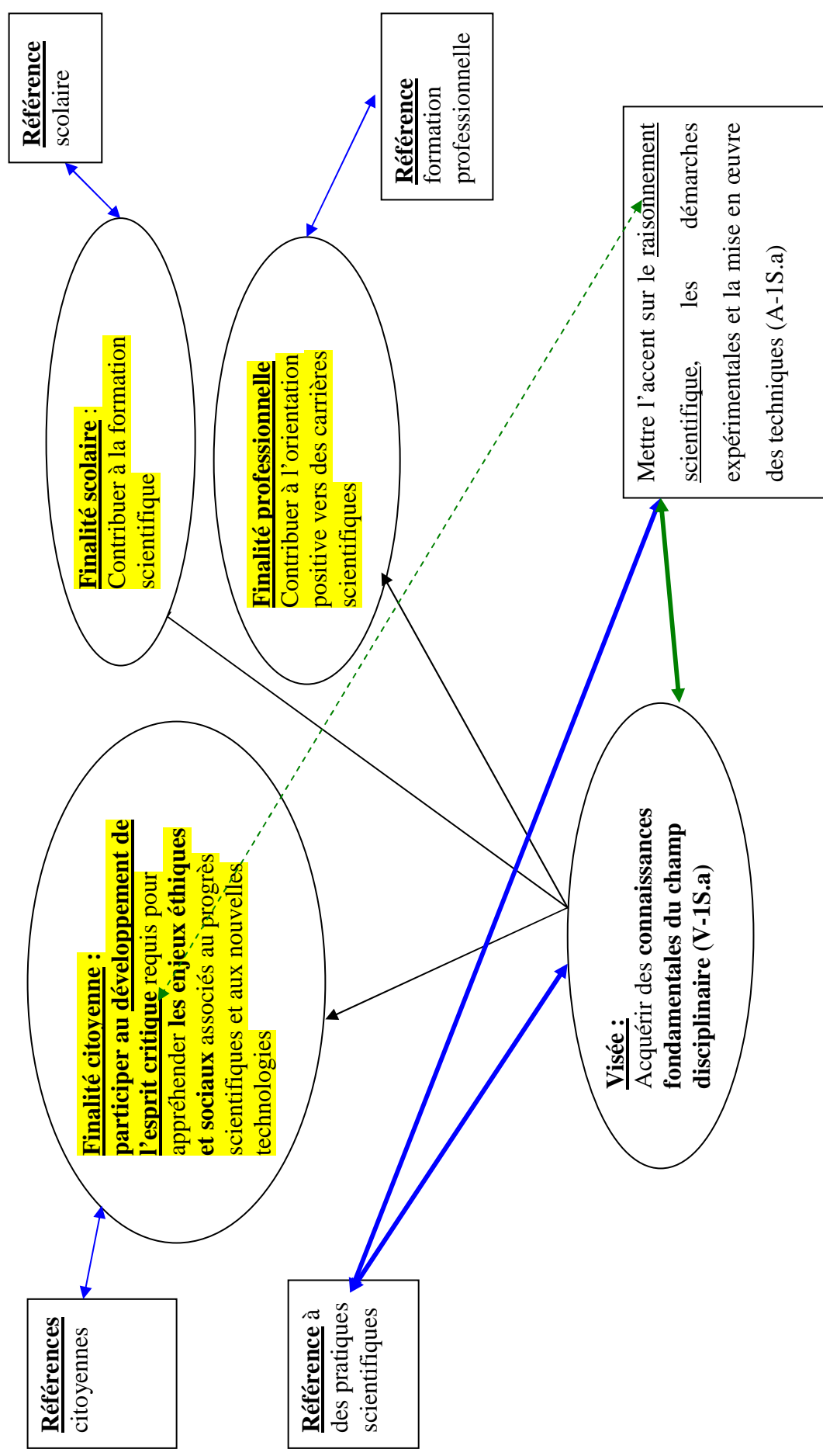


Figure 11: Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en terminale S

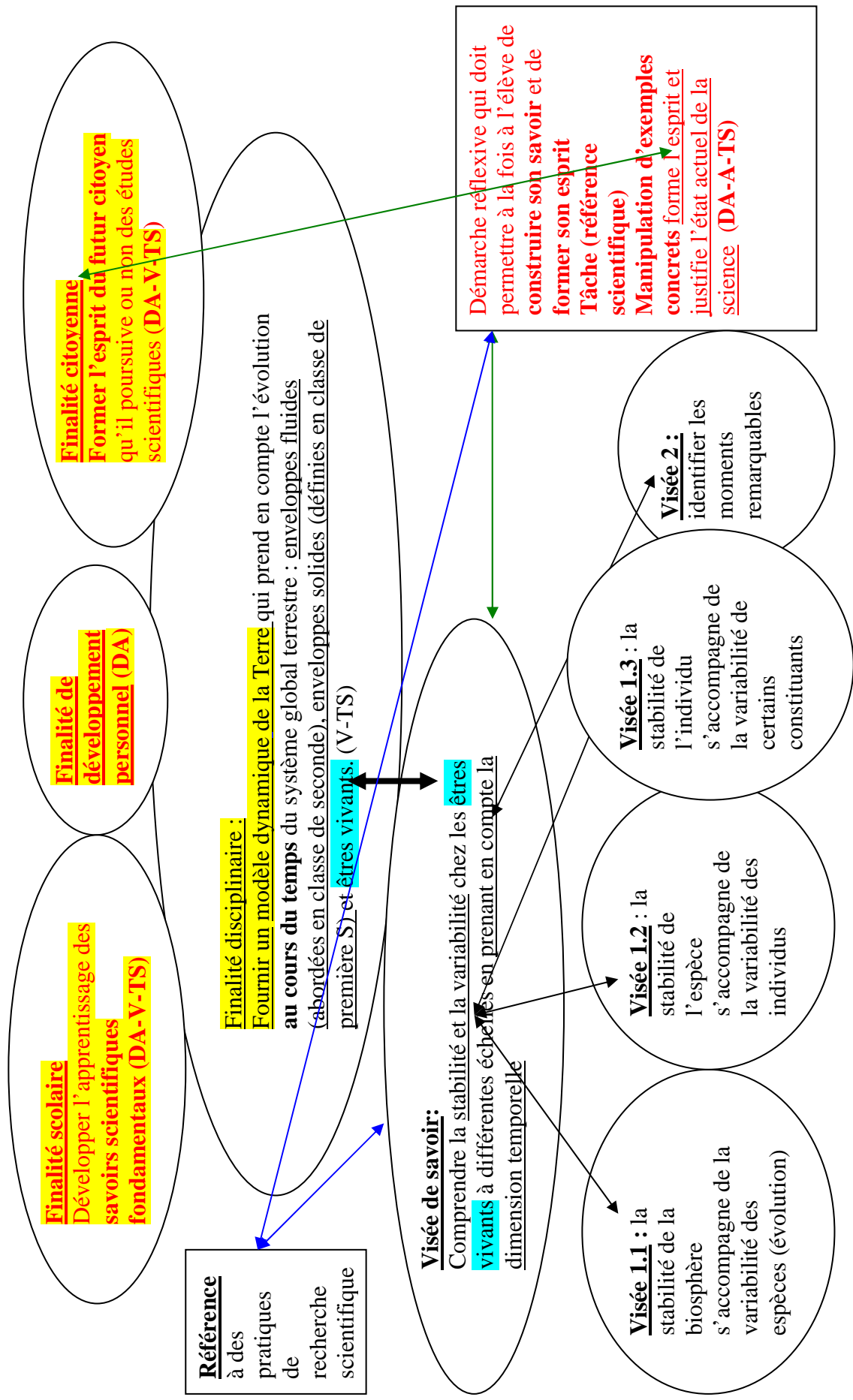
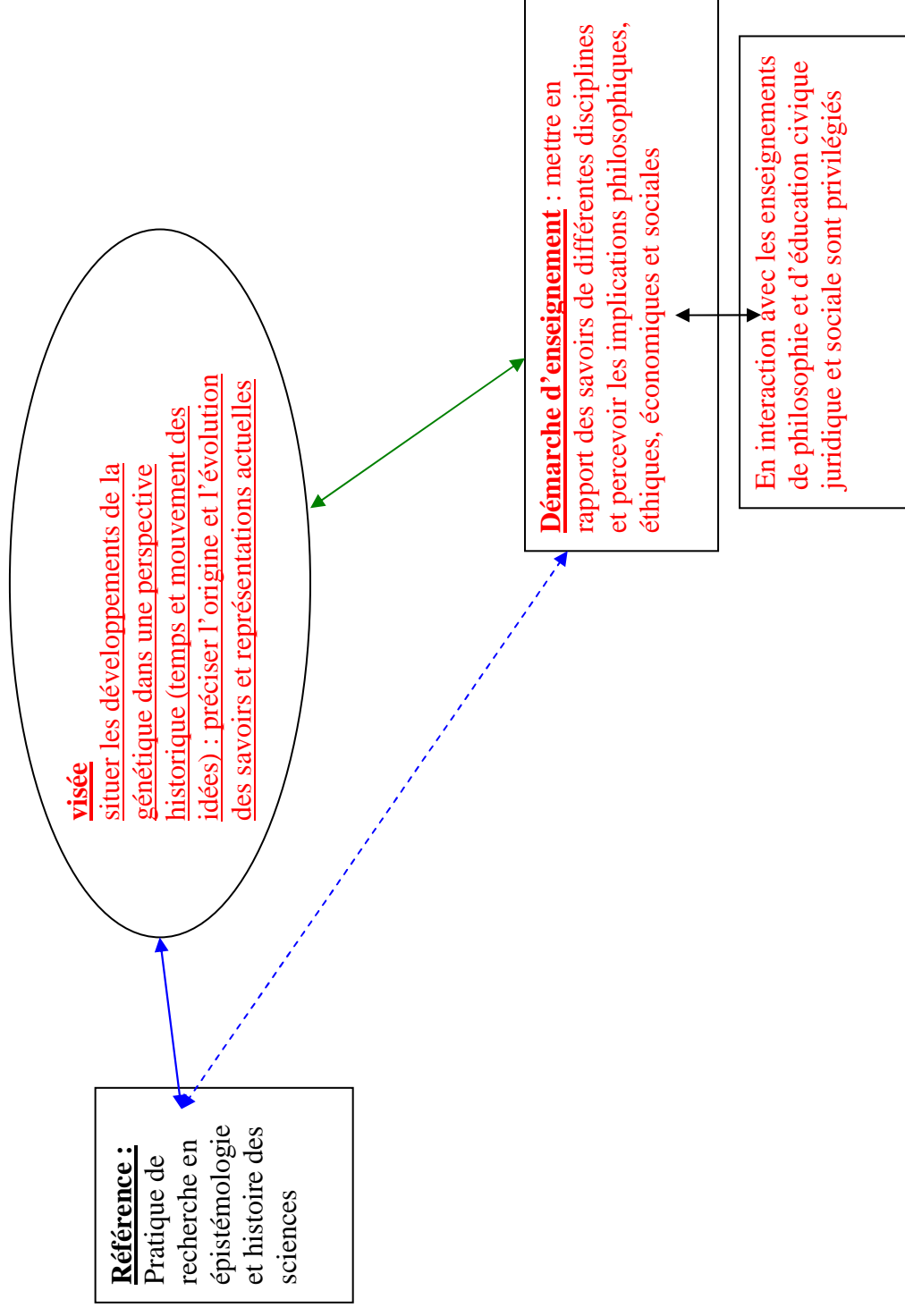


Figure 12: Proposition d'une représentation spatiale explicitant une cohérence interne « tâches- visées- références » pour les SVT en TS- spécialité – thème II



Cohérences internes « tâches-visées-références » pour les SVT « en directives »

Une cohérence interne souvent fondée sur la référence au monde scientifique

Pour toutes les classes, à l'exception de la première L et de la TS-spécialité, les tâches (démarche d'enseignement, objets, outils) et la ou les visées principales sont mises en lien par une référence au monde scientifique.

En première L, les tâches peu explicites et la visée très générale sont mises en lien par une double référence. L'une correspond à des tâches scolaires d'inspiration scientifique et l'autre à une référence à la culture scientifique. Le fondement de cette cohérence nous semble donc à rapprocher des autres classes, même si l'accent est ici porté sur l'aspect culturel de l'enseignement.

En TS-spécialité thème II, les visées et les tâches sont mises en lien par une référence à des pratiques de recherche en histoire des sciences.

Des finalités diverses au nombre variable

Le nombre et la diversité des finalités à atteindre pour les programmes de SVT de 3^{ème} contraste avec le nombre plus restreint des finalités à atteindre au lycée. Une interprétation possible est caractère général de l'enseignement de collège, alors que celui de lycée se caractérise davantage par la spécialisation et donc des finalités plus spécifiques.

Une finalité est présente tout au long du cursus, il s'agit de la finalité citoyenne.

Fondées sur une cohérence scientifique des tâches et des visées, les SVT « en directives » soulignent une volonté de contribuer à de nombreuses finalités et particulièrement aux finalités citoyennes.

Remarque : les énoncés en rouge sont des énoncés présents exclusivement dans les documents d'accompagnement. Ils mettent en évidence que pour certains programmes et notamment celui de terminale S, si les visées de savoir sont explicitées dans les programmes, les finalités et les tâches (démarche d'enseignement), voire les références ne sont précisées que dans les documents d'accompagnement.

Cet éclatement des informations sur les cohérences fondatrices peut rendre leur repérage complexe.

D. Les principes constructeurs

1. La mise en forme textuelle : des notions mises en relation entre elles et avec des énoncés factuels (réseau notionnel) et des énoncés de savoirs mis en relation avec différentes sous-parties ou parties d'un thème ou avec différents thèmes (réseau thématique)

Nous employons le terme de réseau afin de souligner la dimension systémique de la prise en charge par les programmes des énoncés de savoirs.

a. Les réseaux notionnels

Lors de son analyse des connaissances d'une discipline scolaire, Develay (1992) soulignait qu'il serait important d'explicitier **les réseaux notionnels implicitement** présents dans les programmes. Ces réseaux notionnels sont constitués par l'ensemble des notions et des énoncés factuels qui, mis en synergie, donnent sens aux notions ou aux faits que l'on veut enseigner.

Pour décrire la prise en charge pour la discipline « en directives » des savoirs se référant aux pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou à des pratiques contribuant à mieux les appréhender, il nous semble pertinent d'explicitier, pour ces savoirs, les réseaux notionnels dans lesquels ils sont impliqués.

Nous expliciterons pour les textes correspondant à ces savoirs les notions présentes et les mises en relation sémantiques de ces notions entre elles et avec les énoncés factuels qui les précisent.

Nous proposerons ainsi pour ces énoncés de savoirs des représentations spatiales, que nous appellerons réseaux notionnels. Les notions et énoncés factuels qui constituent ces « savoirs » seront mis en relation en fonction de relations sémantiques préalablement identifiées.

Leur explicitation permettra d'identifier :

- les notions avec lesquelles les notions des « savoirs » se référant à des pratiques pertinentes pour notre étude sont mises en relation ;
- la place de ces notions dans le réseau (centrale ou périphérique) ;
- la force de l'intégration textuelle (nombre de mises en relation) des notions et énoncés factuels associés à ces savoirs.

b. Les réseaux thématiques

Pour des ensembles de savoirs se référant à des pratiques pertinentes pour notre étude et relevant de différentes parties d'un thème ou de différentes thématiques, nous proposons d'explicitier les sous-parties, les parties des thèmes ou même les thèmes avec lesquels ils sont mis en relation. Nous appellerons cette mise en relation d'énoncés de savoirs avec l'organisation thématique du programme, réseau thématique.

Ces réseaux thématiques permettront d'identifier :

- l'importance relative de la présence de savoirs se référant à des pratiques pertinentes pour notre étude au sein d'un thème ou au sein de l'ensemble des thèmes d'un programme ;
- leur place au sein d'une partie ou d'un thème ;
- les savoirs avec lesquels ils sont mis en relation au sein d'une partie, d'un thème.

2. La mise en cohérence au niveau d'un thème ou d'un programme

a. Type de cohérences examinées

Proposition de cohérences thématiques

Pour les savoirs ou les tâches/objets/outils se référant à des pratiques sociales relevant de la génomique ou de la post-génomique ou à des pratiques contribuant à mieux les appréhender, nous examinerons la mise en cohérence de ces références, des savoirs, des tâches associées par les programmes avec les visées thématiques.

Pour les réseaux thématiques, nous examinerons la mise en cohérence des savoirs organisés dans ces réseaux avec les références que les différentes thématiques peuvent mobiliser, et les visées de ces différentes thématiques.

Proposition de cohérences programmatiques

Ces différentes cohérences thématiques seront ensuite examinées à l'aune des cohérences fondatrices proposées pour les différents niveaux (Partie II, II-C-2, **figures 5, 7, 8, 9, 10, 11 et 12** (p.104 à 112). Des mises en relations entre les deux réseaux de cohérence seront proposées.

b. Type d'intégration des notions ou des savoirs ainsi mis en cohérence au niveau d'un thème (cohérence thématique) ou du programme (cohérence programmatique)

Lebeaume (1999) a identifié trois modalités d'intégration du travail manuel par rapport au savoir scientifique, deux enseignements en tension entre l'absorption et l'exclusion : la présence masquée, l'existence et le greffage.

Ces distinctions élaborées pour caractériser la place de deux enseignements en tension l'un par rapport l'un autre au sein d'un curriculum nous semble pouvoir être reprises pour caractériser la place des notions ou des savoirs se référant aux pratiques de la génomique et de la post-génomique ou à des pratiques contribuant à mieux les appréhender au sein d'un thème, voire d'un programme. Les différents modes d'intégration d'une notion ou d'un savoir au sein d'un réseau de cohérence thématique voire programmatique sont présentés dans le **tableau 11** (p.117 du manuscrit).

Tableau 11 : Typologie et caractérisation des modes d'intégration d'une notion ou d'un savoir au sein d'un réseau de cohérence thématique (voire programmatique) (inspiré de Lebeaume, 1999)

| Typologie des modes d'intégration | Caractérisation des modes d'intégration |
|--|--|
| <p>présence masquée d'une notion/ d'un savoir (la notion/ le savoir abdique ses références)</p> | <p>Les notions ou les savoirs sont intégrés dans le réseau notionnel ou thématique mais sont mises au service d'autres notions ou savoirs (références différentes/ visée centrée sur une autre notion, un autre savoir).</p> <p>Les notions ou savoirs sont prétextes à l'apprentissage d'autres notions ou savoirs.</p> <p>Ces notions ou savoirs sont accessoires (tension entre disparition et association)</p> |
| <p>Existence d'une notion/ d'un savoir (notion/ savoir central)</p> | <p>Les notions ou les savoirs s'inscrivent dans un réseau notionnel ou thématique en cohérence avec les visées et les références du thème, voire en constituent les notions ou les savoirs centraux.</p> |
| <p>Greffage (notion, savoir d'ouverture)</p> | <p>Les notions ou les savoirs sont indépendants (tension entre admission et rejet) : ils gardent leur(s) référence(s) mais répondent à des visées propres qui sont marginales par rapport aux visées du thème ou du programme.</p> |

3. L'organisation temporelle des programmes

a. **Des principes de progressivité pour les contenus**

D'après Lebeaume (1999), interroger la cohérence curriculaire de la progressivité des tâches et des notions nécessite de les considérer dans leurs relations avec les visées et références. L'analyse de principes de progressivité porte ainsi sur chacun des axes des fondements de la discipline « en directives ». Elle permet de caractériser l'organisation temporelle des notions et des tâches.

Progressivité ou progression ?

Pour Lebeaume (1999, 2003) comme pour Paindorge (2007) la notion de progressivité d'un enseignement se distingue des notions de progression, planification ou programmation car elle met l'accent sur les progrès de l'élève. Dans le cadre de notre étude d'une discipline « en directives », il s'agira de la progressivité prescrite.

Lebeaume (2006) distingue deux axes pour la progressivité : celui de l'élaboration notionnelle et celui du capital expérientiel.

Nous comprendrons sous le terme de capital expérientiel le type de rencontres prescrites par les programmes dans la colonne « activités envisageables ». Ces « activités envisageables » recouvrent des tâches, des objets ou des outils se référant aux développements de la génomique et de la post-génomique.

Principes de progressivité des notions proposés pour les notions de la technologie « en directives » (Paindorge, 2007)

Sur l'axe de l'élaboration notionnelle Paindorge (2007) a explicité dans le cadre d'une investigation sur la progressivité des notions en technologie des principes de progressivité. Ces principes et leur caractérisation sont rappelés dans le **tableau 12.**

Tableau 12 : Principes de progressivité des notions (D'après Paindorge (2007))

| Principe de progressivité | Caractérisation |
|---|--|
| principe de diversification | variation de contexte sans modification ni de la fonctionnalité ni de l'énoncé |
| principe d'extension | fonctionnalités différentes (approches différentes d'une même notion) |
| principe de complication | un premier terme est réuni à un ou plusieurs termes pour former une nouvelle notion |
| principe de différenciation et de catégorisation | <u>différenciation</u> : les énoncés présentent des caractéristiques communes mais il existe au moins une caractéristique particulière qui permet de différencier les deux notions <u>catégorisation</u> : une notion possède des caractéristiques qui lui permettent de représenter un ensemble de notions |
| principe d'association | deux notions sont associées quand leurs énoncés respectifs sont liés par une relation de nature sémantique exemple de relation : partitive, cause-effet, activité et site, activité et résultat, outil et fonction, |

Par caractère fonctionnel d'une notion, Paindorge (2007) souhaite caractériser la notion du point de vue du rôle comme outil mental pour penser ou pour agir qu'elle occupe pour une action donnée ou dans un contexte donné.

Par caractère d'associativité, elle caractérise le lien de nature sémantique qui au sein d'un énoncé met une notion en relation avec une autre.

Paindorge (2007) identifie ainsi chez un sujet l'état de la notion qu'elle caractérise par un triptyque : terme identifiant, action réalisée grâce à la fonctionnalité et le contexte dans lequel s'est déroulée l'action. Nous traduirons cette idée d'état d'une notion pensée pour un sujet dans la discipline « en directives » par le triptyque : terme identifiant et énoncé, rôle possible comme outil mental ou outil d'action, contexte de pensée ou d'action.

Pour Paindorge (2007) c'est l'ensemble de tous les états d'une notion qui illustre son caractère progressif.

Pour identifier plusieurs approches possibles d'une notion, Paindorge (2007) précise pour chacun des termes pour lesquels elle interroge la progressivité les différents énoncés que proposent les dictionnaires, les normes et les publications de recherche.

Concernant les notions que nous étudions, elles auront déjà été associées à différents énoncés se rapportant aux dimensions scientifiques, industrielles, médicales ou sociales des développements de la génomique et de la post-génomique. Les sélections opérées par les programmes parmi ces différents possibles auront été explicitées.

Nous visons, en interrogeant la progressivité de ces notions, à caractériser l'évolution de ce que Develay (1992) appelle leur **registre de conceptualisation**.

Registre de conceptualisation d'une notion (Develay, 1992)

Au cours d'un cursus scolaire, une même notion peut être enseignée à différents niveaux d'enseignement. Develay (1992) propose de caractériser à chaque niveau d'enseignement la notion par son **registre de conceptualisation**. Il propose de distinguer ces reformulations conceptuelles sur trois plans :

- sur un plan psychogénétique en fonction de la complexité des opérations logico-mathématiques que leur compréhension implique (sériation, réversibilité, raisonnement sur le possible, type de causalité, modélisation,)
- sur un plan linguistique en fonction de leur complexité lexicale, de leurs structures syntaxique et sémantique
- sur un plan épistémologique en fonction des familles de problèmes qui sont en cause.

Pour Develay (1992), l'intérêt de caractériser pour chaque notion, à chaque niveau, son registre de conceptualisation est de permettre de mieux identifier le niveau d'exigence et donc de pouvoir mettre en place des stratégies de différenciation didactique adaptées à chaque niveau.

Par ailleurs, pour Develay (1992), la progressivité est assurée par des concepts intégrateurs qui assurent une fonction de catégorisation progressive des faits et des notions.

Principes de progressivité retenus pour notre investigation

Les modalités de caractérisation de la progressivité d'une notion proposées par Develay (1992) nous semblent centrées sur l'élève pour les plans psychogénétique et linguistique et sur la notion pour les plans linguistique et épistémologique. Celles proposées par Paindorge (2007) sont davantage centrées sur la notion.

Etant donné que nous travaillons sur des notions explicitées dans un programme d'enseignement nous pouvons retenir pour caractériser une notion en nous appuyant sur Paindorge (2007) et Develay (1992):

- le **terme identifiant et son énoncé** que nous pouvons caractériser sur le plan linguistique à la fois par la complexité lexicale mais aussi par les associations explicitées, ou lien sémantique qui met une notion en relation avec d'autres notions et qui éventuellement assurent l'intégration d'un ensemble de notion par un **concept intégrateur** : cette progressivité sur le plan linguistique est caractérisée **par les principes d'association, de différenciation, de catégorisation et de complication** ;
- **sa fonctionnalité** qui est à rapprocher du plan épistémologique : pour quel type de problèmes, d'objets, cette notion constitue-t-elle un outil mental ou d'action, permet-elle de décrire, d'expliquer ? **La progressivité de la fonctionnalité est caractérisée par le principe d'extension**. Les différents problèmes pour lesquels le programme suggère d'utiliser cette notion seront notés ;
- **la diversité des contextes** dans lesquels elle est engagée. La progressivité des contextes sera caractérisée par **le principe de diversification**.

Nous proposons d'ajouter le principe **d'approfondissement** qui caractérise la progressivité d'une notion qui tout en assurant une fonctionnalité proche dans un même contexte est associée à un énoncé définitoire qui change de niveau de complexité (changement par exemple de niveau d'organisation).

Le **tableau 13** récapitule les principes de progressivité que nous avons retenus.

Tableau 13 : Principes de progressivité retenus pour les notions

| Principe de progressivité | Caractérisation |
|---|--|
| principe d'extension | <u>fonctionnalités différentes</u> (approches différentes d'une même notion) |
| Principe d'approfondissement | Fonctionnalités proches, contextes identiques <u>Changement de registre des énoncés associés à la notion</u> |
| principe de diversification | <u>variation de contexte</u> sans modification ni de la fonctionnalité ni de l'énoncé |
| principe de complication | un premier terme est réuni à un ou plusieurs termes pour former une <u>nouvelle notion</u> |
| principe de différenciation et de catégorisation | <u>différenciation</u> : les énoncés présentent des caractéristiques communes mais il existe au moins une caractéristique particulière qui permet de différencier les deux notions <u>catégorisation</u> : une notion possède des caractéristiques qui lui permettent de représenter un ensemble de notions |
| principe d'association | deux <u>notions sont associées</u> quand leurs énoncés respectifs sont liés par une relation de nature sémantique ex de relation : partitive, cause-effet, activité et site, activité et résultat, outil et fonction, |

Principes de progressivité des tâches (Lebeaume, 1999)

Sur l'axe du capital expérientiel prescrit au travers des tâches, des objets et des outils proposés dans les « activités envisageables » des programmes, Lebeaume (1999) a explicité lors de son investigation des différentes éducations technologiques des principes de progressivité pour les tâches.

Lebeaume (1999) distingue cinq principes majeurs d'organisation de la progressivité des tâches. Ces principes non-exclusifs et combinables sont récapitulés dans le **tableau 14**.

Tableau 14 : principes de progressivité des tâches (d'après Lebeaume, 1999)

| | |
|--------------------------------------|---|
| Principe de progressivité des tâches | caractérisation |
| Répétition -accumulation | Acquisition des routines, incorporation des gestes ou des actions élémentaires (notamment pour des apprentissages instrumentaux) |
| Extension -diversification | Se définit par rapport à une méthode élémentaire de type syllabique qui ne retient qu'un champ de pratique et dont l'approche en tant que première expérience est ensuite étendue à d'autres domaines. Extension à de nouvelles références |
| Complication | Rencontre de tâches de plus en plus ouvertes permettant la réussite d'activités initialement simples puis d'activités de plus en plus compliquées (résolution de problèmes avec des ressources de moins en moins complètes) |
| Différenciation -modélisation | Un travail d'analyse mené sur des activités contrastées permet de comparer ces expériences et d'en construire progressivement un modèle représentant l'unité des tâches. La modélisation est un processus qui suppose un référent expérientiel suffisamment étendu et contrasté pour permettre son élaboration progressive. |
| Distanciation - desyncrétisation | Les conditions des processus d'apprentissage se lisent sur un axe proximo-distal dans un processus de distanciation/desyncrétisation (il est à noter que le connu peut engendrer des obstacles cf. Bachelard). |

b. Des continuités, des discontinuités, des ruptures dans les contenus, les références sélectionnées et les cohérences établies avec les visées des différents thèmes et niveaux

L'organisation temporelle du curriculum : il s'agit de définir les grands moments qui permettent de distinguer des continuités, des discontinuités voire des ruptures.

Chaque segment scolaire est fondé sur des cohérences internes, des cohérences paradigmatiques spécifiques avec éventuellement des fonctions différentes dans l'organisation générale (voir Partie II, II-C sur les principes fondateurs variation des visées, inscription paradigmatique, p.96).

L'organisation temporelle de la discipline « en directives » correspond à la segmentation du parcours éducatif finalisé en étapes définies par des visées intermédiaires et à la répartition de rencontres avec des savoirs, des tâches ou des objets se référant à des pratiques de génomique ou de post-génomique ou à des pratiques contribuant à mieux les appréhender.

Nous examinerons quelques aspects de la prise en charge temporelle de la notion de transgénèse et des contenus se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Prise en charge temporelle de la notion de transgénèse et des tâches associées

L'interrogation de cette prise en charge visera :

- pour la notion de transgénèse à identifier des continuités, discontinuités ou ruptures:
 - de la présence de cette notion ;
 - des pratiques de référence choisies ;
- pour les tâches associées à identifier des continuités, discontinuités ou ruptures :
 - des pratiques de référence choisies

- pour les savoirs incluant la notion de transgénése et les tâches associées à identifier des continuités, discontinuités ou ruptures concernant les mises en cohérence thématique paradigmatique ou programmatique successives au sein des différentes filières de l'enseignement secondaire.

Prise en charge temporelle des savoirs se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

L'interrogation de cette prise en charge visera pour ces savoirs à identifier des continuités, discontinuités ou ruptures concernant les mises en cohérence thématique, paradigmatique ou programmatique successives au sein des différentes filières de l'enseignement secondaire.

Proposition de caractérisation des notions de continuité, discontinuité et rupture

En nous appuyant sur des éléments proposés par Lebeaume (1999) et nos analyses, nous proposons dans le **tableau 15** (p.126) différents critères caractérisant la continuité, la discontinuité et la rupture.

Tableau 15 : Critères de caractérisation des notions de continuité, de discontinuité et de rupture (en partie d'après Lebeaume, 1999)

| Type d'organisation | Proposition de caractérisation |
|----------------------------|--|
| continuité | <p>Sur le plan épistémologique : même paradigme</p> <p><u>Sur le plan des tâches</u> : mêmes références, mêmes objets, complication de la tâche</p> <p><u>Sur le plan des savoirs</u> : mêmes notions se référant aux mêmes pratiques avec approfondissement</p> <p><u>Sur le plan des mise en cohérence</u> : mêmes types de visées, mises en cohérence avec les tâches, les savoirs en fonction de la même référence fondatrice</p> |
| discontinuité | <p>Extension des références sélectionnées pour les savoirs, les tâches, les visées mais les références précédentes et les mises en cohérence associées sont toujours présentes</p> |
| rupture | <p>Changement des références sélectionnées</p> <p><u>Sur le plan épistémologique</u> : changement de paradigme</p> <p><u>Sur le plan des savoirs</u> : changement de référence, de fonctionnalité (types de problèmes qu'une notion permet de résoudre)</p> <p><u>Sur le plan des objets</u> : changements de référence et donc d'objets</p> <p><u>Sur la plan des tâches</u> : changement de référence</p> <p>modification des registres des tâches (lecture, interprétation,)</p> |

E. Récapitulation des principes constructeurs retenus pour notre questionnaire (tableau 16)

Tableau 16 : Principes constructeurs retenus pour questionner la prise en charge curriculaire par les programmes de SVT des savoirs et des tâches se référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision

| | Elément de programme | Type de principe constructeur retenu |
|------------------------------------|--|---|
| Pour chaque niveau | savoirs | <u>Mise en forme textuelle</u> (réseau notionnel) |
| | Ensemble de savoirs | <u>Mise en forme au niveau d’une partie d’un thème, d’un thème ou d’un ensemble de thème</u> (réseau thématique) |
| | Savoirs, tâches, visées et références | <u>Mise en cohérence</u> entre les savoirs, les tâches se référant à des pratiques de transgénèse ou à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision et les visées, éventuellement les tâches (démarche d’enseignement) <u>et les références du thème</u> (cohérence thématique) <u>ou du programme</u> (cohérence programmatique) |
| | Réseaux de cohérence et paradigme | <u>Mise en cohérence</u> des cohérences thématique et/ou programmatique <u>avec le paradigme principal</u> (cohérence paradigmatique) |
| Pour l’ensemble d’un cursus | Savoirs, tâches | <u>Principes de progressivité</u> |
| | Savoirs, tâches, références et réseaux de cohérence thématique et programmatique | <u>Continuités, discontinuités ou ruptures</u> |

III. Différentes pratiques sociales de référence pour les différents éléments composant les disciplines scolaires

Tout enseignement se réfère toujours à quelque chose au sens du terme **de référence** : « **action de se rapporter à une chose, à un texte, à une autorité** »¹⁴.

Nous avons choisi de questionner les références des contenus de SVT « en directives » en utilisant la notion de « pratique sociale de référence » que Martinand (1986) définit comme toute activité sociale pouvant servir de référence à des contenus scolaires.

A. Diversité des pratiques sociales de référence potentielles

Une multiplicité de pratiques sociales (Martinand, 1986) peut servir de référence aux savoirs et aux apprentissages scolaires : production industrielle ou artisanale, recherche scientifique, pratiques médicales, économiques, politiques, citoyennes, activités domestiques, artistiques, politiques, idéologiques etc....

Les pratiques d'enseignement sont également susceptibles de constituer leur propre pratique de référence ou référence à des pratiques scolaires¹⁵.

Pour certaines pratiques sociales, le savoir scientifique ne constitue pas une configuration stable et univoque mais un objet pluriel, problématique et conflictuel (Forquin, 2001) (exemple des biotechnologies (Simoneaux, 2001)).

Ainsi, les pratiques sociales de référence peuvent être actuelles, évolutives ou virtuelles (dans le cas d'une visée de changement de pratique) mais **doivent être dans tous les cas objectivées, caractérisées** sur la base d'observations ou d'anticipation (Martinand, 2001a ; 2003b).

¹⁴ Quillet, 1985 cité par Terrisse, 2001, p120.

¹⁵ Martinand cité p.133 dans ASTOLFI, J-P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y., TOUSSAINT, J. (1997). Mots-clés de la didactique de sciences. Repères, définitions, bibliographie. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.

Questionner la génomique et la post-génomique, en nous inscrivant dans le cadre de la notion de « pratique sociale de référence », nous conduit à explorer différents domaines dont les pratiques sont susceptibles d'avoir pris en compte ces développements. Seront notamment explorées les pratiques de recherche scientifique fondamentale et appliquée, de production industrielle (secteurs agro-alimentaire, pharmaceutique notamment), de production agricole, les pratiques médicales et les pratiques citoyennes.

Seront explorées à la fois les pratiques actuelles mais également les nombreuses pratiques évolutives ou encore virtuelles qui relèvent de la génomique et de la post-génomique.

B. Diversité des caractéristiques de chaque pratique sociale : rendre compte de la cohérence propre de chaque pratique

1. Exemples de caractérisation de pratiques sociales de référence

Martinand (1986) précise que chaque pratique sociale possède une **cohérence propre** qui se traduit de façon spécifique pour chacune à travers diverses caractéristiques.

Il propose par exemple de caractériser les pratiques sociales par :

- les problèmes qui se posent et les types de projets ;
- les matériels disponibles ;
- les savoirs mis en œuvre ;
- les attitudes mises en œuvre ;
- les fonctions et relations des acteurs dans ces situations ; les rôles sociaux
- etc.

Dans la perspective de comparer les contenus des disciplines portant sur le vivant avec différentes pratiques relevant du vivant, Develay (1992) a proposé de retenir comme termes de comparaison pour chaque pratique de référence identifiée :

- les problèmes qui se posent ;
- les attitudes et rôles sociaux ;
- les instruments intellectuels et matériels ;
- les savoirs produits.

De nombreuses caractéristiques sont semblables (problèmes qui se posent, attitudes, rôles sociaux). Néanmoins quelques différences peuvent être pointées. Les matériels disponibles sont repris par instruments matériels. Si les instruments intellectuels incluent les savoirs mis en œuvre, il nous semble que cette catégorie dépasse les simples savoirs mis en œuvre et qu'elle peut également englober les démarches intellectuelles. Develay (1992) introduit les savoirs produits non cités par Martinand (1986).

Ces différences nous semblent suggérer une primauté accordée par Develay (1992) aux pratiques de recherche scientifique. Ces pratiques constituent, en effet, pour les disciplines scolaires assurant l'enseignement du vivant une référence traditionnellement forte¹⁶.

Les caractéristiques proposées par Martinand (1986) pour les pratiques sociales de référence s'inscrivent dans un cadre de pratiques potentielles de référence plus large.

2. Une pratique sociale de référence est une pratique qui implique des savoirs

Les deux exemples précédents montrent qu'une pratique sociale examinée comme référence possible pour un enseignement se décrit par un grand nombre de caractéristiques visant à rendre compte de sa cohérence propre. Elle ne peut être caractérisée uniquement par le savoir qu'elle construit.

¹⁶ Ginsburger-Voger, citée p.135 dans ASTOLFI, J-P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y., & TOUSSAINT, J. (1997). Mots-clés de la didactique de sciences. Repères, définitions, bibliographie. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.

Ni savoirs seuls, ni contextualisés, ni pratiques individuelles, mais des savoirs impliqués dans la pratique

« Par pratique sociale, il doit être entendu non pas des pratiques individuelles à côté des savoirs ou une simple contextualisation des savoirs, mais des pratiques qui impliquent des savoirs » (Lange & Martinand, à paraître).

En effet, les pratiques sociales de référence ne sont pas les contextes pratiques de l'usage d'un savoir. La notion de pratique sociale de référence vise à l'opposé, non pas à **contextualiser des savoirs** mais à **prendre en compte des pratiques** dans toutes leurs dimensions (composante de savoirs discursifs ou pas, explicite ou pas, individuelle ou collective). Ainsi entre deux pratiques alors même que les objets semblent les mêmes, sens et structures des savoirs et même les concepts centraux peuvent être différents (Martinand 2001a, 2003b, 2003c).

Différents savoirs sont inclus dans les pratiques sociales

Ainsi dans l'expression « pratique sociale de référence », le terme de pratique ne s'inscrit pas dans l'opposition théorie/ pratique. Du ou des savoirs sont inclus dans toute pratique humaine à des niveaux différents de symbolisation, de formalisation. Une pratique sociale comprend des **savoirs inclus** (instruments intellectuels ou savoirs mis en œuvre) mais aussi des **savoirs construits** par une activité scientifique qui prend cette pratique pour objet d'étude ou d'intervention.

Les savoirs et situations sans être étrangers sont différents et motifs à tensions.

Les tensions s'enracinent dans les différences de pratiques (pratique « objet » d'un côté, pratique scientifique de l'autre), les oppositions de rôles sociaux et de valeurs que peuvent engendrer leurs confrontations.

Il est alors important de clarifier les savoirs inclus dans la pratique, les rapports qu'ils entretiennent avec la pratique en question et la pratique scientifique dont ils sont issus afin d'éviter les confusions (Martinand, 2004).

3. Prendre en compte une pratique sociale de référence dans toutes ses dimensions

Les caractéristiques retenues par Develay (1992) qui concernent essentiellement les pratiques de recherche scientifique et celles retenues par Martinand (1986) qui prennent en compte les pratiques dans leur diversité présentent des différences.

Ce constat suggère que les pratiques sont à caractériser en fonction de leur spécificité et de leur cohérence propre.

Néanmoins certains axes de caractérisation sont communs aux deux auteurs. Ils caractérisent les pratiques par :

- **leurs finalités** : quel est le sens de la pratique (problème à résoudre, projet, visée de la pratique) ?
- **leurs résultats** : À quelle type de résultats/ produits permet-elle d'aboutir (savoirs produits, mais aussi objets, opinion) ?
- **les ressources matérielles et intellectuelles qu'elles mobilisent** : Quelles ressources matérielles et intellectuelles (instruments matériels et intellectuels, matériels) sont-elles mises en œuvre dans la pratique ?
- **leur organisation sociale** : Quels sont les différents rôles sociaux, fonctions, attitudes impliqués par cette pratique ?

Pour les pratiques de recherche scientifique, une première analyse du corpus regroupé pour caractériser les différentes pratiques de la génomique et de la post-génomique nous conduit à ajouter comme dimension:

- **les objets d'étude** : quel est l'objet étudié ?
- **l'organisation de la recherche** : quelles sont les structures au sein desquelles sont menées ces recherches ?

Pour les pratiques citoyennes nous avons pris en compte une caractéristique que Martinand (2006) suggérait d'explorer pour l'élaboration d'un curriculum prenant comme référence les pratiques citoyennes : **modes de relation entre sciences, état, industrie et société.**

En outre, pour les pratiques sociales entachées d'incertitudes, comme certains développements de la génomique en biotechnologie, seront prises en compte¹⁷ comme caractéristiques :

- **pour les pratiques scientifique, industrielle et médicale** : les savoirs, méthodes, techniques en débats, leur fiabilité, les problèmes à résoudre, les domaines d'application et les enjeux impliqués ;
- **pour les pratiques citoyennes** : les différentes questions que suscitent ces développements, questions qui ne renvoient jamais à des réponses simples, et qui sont en débats dans la société.

Le corpus réuni pour identifier et caractériser différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique n'a pas permis de caractériser les rôles, fonctions et attitudes des acteurs des pratiques de recherche scientifique, de production industrielle et agricole. Pour les pratiques médicales et citoyennes, une identification de différents rôles, fonction et attitude a pu être menée.

Les caractéristiques retenues pour analyser les différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique sont récapitulées dans les **tableaux 17, 18, 19, 20 et 21** (p. 134 à 138 du manuscrit).

¹⁷ D'après Simmoneaux (2001) réfléchissant sur les choix des références et de leur traitement lors de la production du texte du savoir à enseigner dans un domaine entaché d'incertitude.

Tableau 17 : Tableau récapitulant différentes caractéristiques retenues pour les pratiques de recherche scientifique

| Caractéristiques associées aux différentes pratiques de recherche scientifique relevant de la génomique et de la post-génomique | | |
|---|--|---|
| Types de pratiques retenues | explicitation | Caractéristiques retenues |
| Pratiques de recherche scientifique | <u>Recherche scientifique</u> : Ensemble des travaux, des activités intellectuelles qui tendent à la découverte de connaissances nouvelles pour étudier une question | Les finalités Problématique de la recherche |
| | <u>Recherche fondamentale</u> : travaux destinés à faire avancer la connaissance | les objets d'étude Objets d'étude spécifiques |
| | <u>Recherche appliquée</u> : travaux utilisant les découvertes de la recherche fondamentale dans un domaine et visant à leur application pratique | Les résultats Savoirs produits |
| | <u>Recherche clinique</u> : recherche portant sur le malade | Les ressources matérielles Techniques, outils |
| | | Les ressources intellectuelles concepts, cadre théorique ou vision, démarche méthodologique |
| | Le mode d'organisation des structures de recherche | Exemples : organisation en laboratoires disciplinaires ; en structures intégrant différentes spécialités et centrées sur un projet ; etc... |

Tableau 18 : Tableau récapitulatif différentes caractéristiques retenues pour les pratiques de production industrielle et agricole

| Caractéristiques associées aux différentes pratiques de production industrielle et agricole relevant de la génomique et de la post-génomique | | | |
|---|---|--|--|
| Types de pratiques retenues | explicitation | Caractéristiques retenues | Explication |
| Pratiques de production industrielle et agricole | <u>Recherche et développement</u> : travaux de recherche menés dans une entreprise, un groupe pour la conception, la mise au point de nouveaux produits | Les finalités | Projet industriel |
| | <u>Production industrielle ou agricole</u> : Le fait de créer ou de transformer des biens | les résultats | Mise au point de modalités de conception Mise au point de nouveaux produits Production d'un produit. Productions de l'agriculture ou de l'industrie, en tant qu'elles constituent des marchandises, des biens ayant une valeur |
| | | les ressources matérielles | Techniques, outils pour la recherche ou pour produire |
| | | Les ressources intellectuelles | Démarches, savoirs mobilisés |
| | | Mode d'organisation des industriels | Type de relation avec les structures de recherche publique |

Tableau 19 : Tableau récapitulatif différentes caractéristiques retenues pour les pratiques médicales

| Caractéristiques associées aux pratiques médicales relevant de la génomique et de la post-génomique | | |
|---|---|---|
| Types de pratiques retenues | explication | Caractéristiques retenues |
| Pratiques médicales | Pratiques qui ont pour objet : la conservation et le rétablissement de la santé : prédire, prévenir, diagnostiquer et soigner les maladies de l'homme | Les finalités Exemples : prédire, diagnostiquer, traiter une maladie |
| | | Les résultats Résultats des examens biologiques |
| | | Les ressources matérielles Techniques, outils comme par exemple les tests génétiques, la thérapie génique |
| | | Les ressources intellectuelles Savoirs scientifiques et cliniques permettant d'interpréter les résultats des examens biologiques en termes cliniques |
| | | L'organisation de la pratique Exemple : pour qui, quand mettre en place une médecine prédictive |
| | | rôle et attitude des médecins et patients Changement de rôle pour le médecin et le patient en médecine prédictive ; Changement de la signification des résultats des examens biologiques (ne diagnostiquent plus une maladie déjà présente mais permettent d'estimer un risque de survenue pour une maladie) Etc... |

Tableau 20 : Tableau récapitulant différentes caractéristiques retenues pour les pratiques citoyennes

| Caractéristiques associées aux différentes pratiques citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique | | |
|---|--|---|
| pratiques retenues | Explicitation | Caractéristiques retenues |
| Pratiques citoyennes | <u>Pratiques citoyennes</u> | Finalités |
| | Pratiques de celui qui est habilité à jouer sur son territoire du droit de cité et est astreint aux devoirs correspondants | <p>Se faire une opinion rationnelle/ Participer à des débats, des décisions/Etc..</p> <p>questions qui ne renvoient jamais à des réponses simples, et qui sont en débat dans la société</p> <p>Maîtrise de l'argumentation ; des techniques de débat.</p> <p>Maîtrise du statut et de la fiabilité des différents arguments (arguments éthiques, scientifiques, etc...)</p> <p>Maîtrise des savoirs scientifiques en jeu.</p> |
| | Pratiques qui résultent des relations réciproques entre les membres du groupe | <p>ressources matérielles et ou intellectuelles</p> <p>rapport entre sciences, public, état, rôle et attitude des individus/ citoyens par rapport aux dimensions scientifique, industrielle et sociale</p> <p>Les différentes dimensions du débat</p> <p>Les problèmes qui se posent</p> <p>Les enjeux pour la société</p> |

Tableau 21 : Tableau récapitulant différentes caractéristiques retenues pour les pratiques scientifique, médicale et industrielle en évolution

| Caractéristiques associées aux différentes pratiques de recherche scientifique, ou aux pratiques industrielle et médicale en évolution et relevant de la génomique et de la post-génomique | |
|---|---|
| Types de pratiques retenues | Caractéristiques retenues |
| Pratiques scientifiques, industrielles et médicales en évolution | Les ressources matérielles, intellectuelles ou les résultats en perspective |
| | Les problèmes à résoudre |
| | Les domaines d'application potentiels |
| | Les enjeux pour les pratiques en question |

4. Prendre en compte les enjeux de formation d'une pratique sociale de référence

Face à des pratiques complexes, en évolution ou virtuelle : prendre en compte les enjeux de formation associés à ces pratiques

Nous souhaitons mettre en discussion les mises en correspondance possibles entre des contenus d'enseignement mis en forme et en cohérence pour les SVT « en directives » et les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique.

Beaucoup des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique identifiées sont des pratiques dont les savoirs produits ou les ressources matérielles et intellectuelles mobilisées sont extrêmement complexes et sans doute difficilement compréhensibles pour des élèves de l'enseignement secondaire. Par ailleurs un grand nombre de ces pratiques étaient en voie de constitution voire encore virtuelles durant la période d'élaboration de l'ensemble de programmes publié pour les SVT entre 1995 et 2002.

Néanmoins, les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique s'inscrivent dans un changement de vision qui renouvelle le regard sur le vivant à la fois pour

le scientifique, l'individu et le citoyen et génèrent de forts enjeux scientifiques, éthiques, citoyens ou encore de formation.

Afin de pouvoir discuter les mises en correspondance possibles entre ces pratiques et les contenus d'enseignement des programmes de SVT, il nous a paru pertinent de caractériser également ces pratiques par les enjeux de formation auxquels elles sont associées.

Identifier les enjeux de formation en génomique et post-génomique revient à identifier les points, qui s'ils ne sont pas pris en compte par une formation, auront un impact sur le développement ultérieur des différentes pratiques de la génomique et de la post-génomique.

Proposition de pratiques contribuant à mieux appréhender, mieux comprendre les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique

Il nous a paru pertinent pour les enjeux de formation partagés par un grand nombre de pratiques et dont la prise en compte est centrale notamment pour les pratiques scientifiques et citoyennes, de proposer en complément des pratiques sociales de référence relevant de la génomique et de la post-génomique, des pratiques dont la mobilisation comme référence pour les contenus d'enseignement permet de contribuer à répondre à ces enjeux de formation. Prendre ces pratiques comme référence pour l'enseignement secondaire peut alors contribuer à permettre de faciliter l'appréhension des pratiques de génomique et de post-génomique.

Le repérage de contenus d'enseignement se référant à des pratiques contribuant à faciliter l'appréhension des pratiques de génomique et de post-génomique ne permettra pas de discuter la mise en correspondance possible de ces contenus avec des pratiques actuelles, évolutives ou virtuelles de génomique ou de post-génomique.

Par contre, ce repérage permettra de discuter dans quelle mesure ces contenus d'enseignement participent à la construction de grilles de lecture qui contribuent à faciliter l'appréhension ou la compréhension des pratiques de génomique et de post-génomique.

Cette contribution des SVT à la construction de grilles de lecture nous paraît importante aussi bien dans une perspective de formation scientifique ou professionnelle aux pratiques de génomique et de post-génomique (enjeux de formation forts associés à l'inscription des pratiques de post-génomique dans une nouvelle vision) que dans une perspective de

formation citoyenne ou individuelle (enjeux de formation forts associés aux enjeux éthiques, citoyens qui se posent à chaque individu par exemple pour la question de la transgénèse).

5. Les pratiques sociales, des références souvent implicites et partielles pour les SVT « en directives »

Un survol des programmes publiés entre 1995 et 2002 pour les SVT permet de repérer qu'un nombre d'énoncés limité explicite des références précises pour les contenus des programmes.

Il est notamment à noter que le découpage thématique opéré pour la discipline « en directives » ne se réfère pas à un découpage de disciplines universitaires. A l'exception du titre « immunologie » du thème 7 du programme de terminale S, les titres des thèmes explicitent le plus souvent l'objet d'étude du thème. Ainsi, par exemple, le thème A du programme de 3^{ème} s'intitule « **Unité et diversité des êtres humains**», ou le thème 4 du programme de 1^{ère} S « **La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux** » (Tableaux 43 et 44 des annexes IV, p.162 et 163).

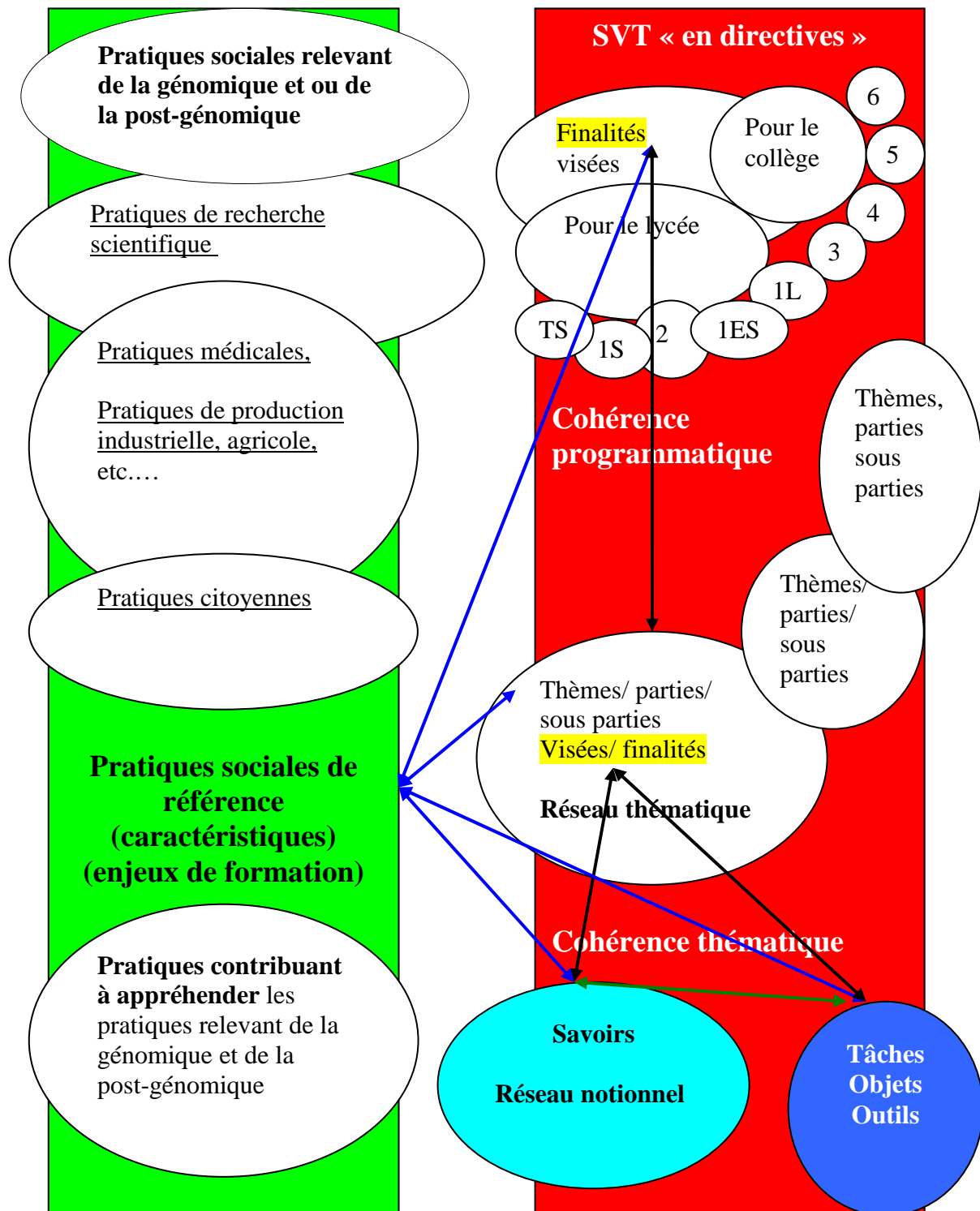
En outre, il est à remarquer que ces objets d'étude ne correspondent pas la plupart du temps à des objets d'étude d'une pratique de recherche spécifique. Les contenus associés mobilisent des références provenant de pratiques de recherche scientifique diverses, mais aussi de pratiques autres, comme les pratiques médicale, citoyenne ou encore les pratiques de production industrielle.

Le questionnement des contenus et des visées des SVT « en directives » sous l'angle de leur référence ne nous permettra en général que de **formuler des propositions de référence** à des pratiques sociales pour ces contenus et visées.

Enfin, les thèmes étant organisés autour d'un objet d'étude, nous faisons l'hypothèse que ces **références seront partielles**, c'est-à-dire ne mobiliseront que certaines des caractéristiques de ces pratiques.

Conclusion de la partie II : La **figure 13** récapitule les principales dimensions d'analyse retenues pour le cadre d'analyse permettant d'examiner la prise en charge curriculaire de la génomique et de la post-génomique pour les SVT « en directives ».

Figure 13 : Cadre d'analyse de la prise en charge de pratiques sociales par une discipline « en directives »



Le **tableau 22** précise les parties du cadre d'analyse mobilisées pour répondre aux différentes questions de recherche

Tableau 22 : Questions de recherche et parties du cadre d'analyse mobilisées

| Questions de recherche | | Partie du cadre d'analyse mobilisée |
|---|--|--|
| <p>Question de recherche 1 :</p> <p>Dans quelle mesure les contenus et les visées composant les programmes pour les SVT se réfèrent-ils à des pratiques sociales relevant de la post-génomique et de la post-génomique ?</p> <p>Quels sont les enjeux de formation associés et quelles pratiques peuvent contribuer à mieux appréhender les différentes pratiques de génomique et de post-génomique ?</p> <p>1.2- quelles sont parmi ces pratiques sociales celles qui sont sélectionnées comme référence pour les contenus et pour certaines des visées de la discipline « en directives »?</p> | <p>1.1- quelles sont les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ?</p> | <p>Diversité des pratiques sociales de référence</p> <p>Explicitation des caractéristiques des différentes pratiques</p> <p>Proposition d'enjeux de formation</p> <p>Proposition de pratiques contribuant à mieux appréhender les pratiques de la génomique et de la post-génomique</p> <p>Proposition de pratiques sociales de référence pour les savoirs, les tâches et les visées des SVT « en directives »</p> |
| | <p>Question de recherche 2 :</p> <p>Comment les contenus et les visées se réfèrent à des pratiques sociales (pratiques relatives à la transgénése ou pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision) sont-ils pris en charge d'un point de vue disciplinaire (dimension systémique : mise en réseau, en cohérence et dimension temporelle : itinéraire construit sur l'ensemble du cursus) par les programmes d'enseignement pour la discipline scolaire, SVT ?</p> | |

PARTIE III :

Caractérisation comme pratiques sociales de référence de développements contemporains de la génétique : la génomique et la post-génomique.

Proposition d'enjeux de formation pour ces pratiques et de pratiques contribuant à mieux les appréhender.

L'objectif de cette partie est d'identifier et de caractériser des pratiques sociales de référence relevant de la génomique et de la post-génomique (question de recherche 1.1). Pour les différentes pratiques sociales des enjeux de formation seront proposés.

Le repérage d'enjeux de formation communs pour les différentes pratiques nous conduira à proposer des pratiques qui répondent à ces principaux enjeux et dont la sélection comme référence pour un enseignement peut contribuer à faciliter l'appréhension des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique.

I. Démarches mises en œuvre...

A. ... Pour identifier et caractériser des pratiques sociales de référence relevant de la génomique et de la post-génomique

Nous avons choisi de considérer la génomique et la post-génomique comme un ensemble de **pratiques sociales de référence**.

Nous ne visons pas l'exhaustivité mais le **repérage de pratiques** de génomique et de post-génomique **représentatives** qui pourraient constituer des **références pertinentes** pour une discipline scolaire.

1. Constitution d'un corpus d'analyse

La référence des activités scientifiques est à rechercher dans le renouvellement des modèles que retrace l'histoire des sciences. (Terrisse, Garcia-Debanc, Simmoneaux, 2001)

Nous avons donc constitué un corpus rassemblant un **ensemble d'écrits de référence se rapportant à la génomique et à la post-génomique** : écrits d'historiens des sciences, de scientifiques, d'économistes, de philosophes réfléchissant sur les pratiques scientifiques,

industrielles, agricoles, médicales, sociales les impliquant ou de scientifiques élaborant un texte de savoir destiné aux étudiants de l'enseignement supérieur sur ces sujets.

2. Elaboration de tableaux caractérisant les différentes pratiques sociales de référence relevant de la génomique et de la post-génomique

L'objectif de l'examen de ce corpus est de produire des tableaux caractérisant les principales pratiques scientifiques, industrielles, médicales, citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique selon les différentes caractéristiques retenues lors de la définition du cadre d'analyse associé à la notion de pratique sociale de référence (**tableaux 17 à 21** de la partie II, p.134 à 138). Le **tableau 23** propose un récapitulatif de ces caractéristiques.

Tableau 23 : Récapitulatif des principales caractéristiques retenues pour les différentes pratiques sociales

| | |
|---|---|
| <p>Pour toutes les pratiques</p> <ul style="list-style-type: none"> - les finalités, - les résultats - les ressources intellectuelles et matérielles - les enjeux de formation | <p>pour les pratiques de recherche scientifique</p> <ul style="list-style-type: none"> - le mode d'organisation de la recherche - les objets d'étude |
| | <p>pour les pratiques citoyennes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les relations entre état-sciences et société |
| | <p>pour les pratiques en évolution :</p> <ul style="list-style-type: none"> - les questions qui se posent - les enjeux |

Les tableaux caractérisant les principales pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique serviront de base pour élaborer des **grilles d'analyse** visant à repérer si parmi ces pratiques certaines ont été sélectionnées comme référence pour les contenus et visées des programmes d'enseignement de SVT.

En outre, ces tableaux constitueront un panorama des différentes pratiques sociales relevant de la génomique et ou de la post-génomique pouvant potentiellement être mobilisées comme référence pour de futurs contenus d'enseignement.

3. Des difficultés de caractérisation de pratiques en évolution ou en interaction avec d'autres pratiques

Des pratiques de recherche aux contours mouvants

Les pratiques de recherche relevant de la génomique et celles relevant de la post-génomique sont apparues successivement dans le temps : les pratiques de recherche de la post-génomique ont émergé suite aux résultats du projet génome humain, projet emblématique et fondateur de la génomique. L'émergence de la post-génomique a pu entraîner des modifications concernant aussi bien les finalités que l'inscription conceptuelle des pratiques de recherche en génomique (le projet génome humain s'inscrivait plutôt dans une vision informationnelle alors que certaines pratiques actuelles de génomique s'inscrivent dans la nouvelle vision).

En termes de référence, il n'existe donc pas une façon unique de caractériser les pratiques associées à un domaine de recherche mais plusieurs qui dépendent des périodes considérées et qui toutes peuvent être prises comme référence. Une pratique dépassée en termes scientifiques peut néanmoins être prise comme référence pour l'enseignement.

Afin de ne pas réifier ou normer les pratiques de référence, en les réduisant à un ensemble définitif de caractéristiques, mais de faire apparaître différentes pratiques de référence possibles en fonction du temps, nous proposons pour certaines pratiques différentes caractéristiques correspondant à une réalité contemporaine, passée ou en voie de constitution par rapport à la période de l'élaboration des programmes, c'est-à-dire entre 1992, année de l'élaboration de la charte des programmes et 2002, année de publication du programme de Terminale S.

Des pratiques de recherche scientifique en interaction avec un grand nombre d'autres pratiques

Par ailleurs, les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique au sens large ne se limitent pas aux pratiques de recherche scientifique mais comprennent également d'autres pratiques de recherche, mais aussi des pratiques de production industrielle, agricole ou encore des pratiques médicales et citoyennes.

De nombreuses ressources conceptuelles, méthodologiques et techniques utilisées pour les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique sont issues de pratiques de recherche antérieures comme les pratiques en biologie moléculaire classique, en génétique classique, ou en génie génétique classique. En outre, les approches originales, les résultats, les ressources qui caractérisent les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique transforment parallèlement ces pratiques et ouvrent de nouvelles perspectives à d'autres pratiques de recherche comme par exemple aux pratiques de microbiologie, de génétique des populations ou d'évolution.

Concernant les pratiques médicales, ou de production industrielle et agricole qui relèvent de la génomique et de la post-génomique, déjà présentes pour la plupart avant l'émergence de ces pratiques de recherche, les résultats, les ressources techniques et méthodologiques des pratiques de génomique et de post-génomique ont notamment accru leur efficacité, ouvert de nouvelles possibilités d'action entraînant un regain de questionnement sur ces pratiques dans la sphère publique (pratiques citoyennes).

Notre examen du corpus visera à partir de la rédaction d'une synthèse à élaborer des tableaux de caractérisation des différentes pratiques sociales de référence relevant de la génomique et de la post-génomique :

- pratiques de recherche scientifique en génomique et en post-génomique en prenant en compte leur inscription dans les pratiques de recherche en génétique ;
- pratiques de recherche scientifique, pratiques médicales ou encore pratiques de production industrielle et agricole que les résultats, les ressources techniques ou méthodologiques des pratiques de recherche en génomique ou en post-génomique ont fait évoluer ;

- pratiques citoyennes centrées sur des questions en débat portant sur l'une ou l'autre des pratiques précédentes en relation avec la génomique et/ou la post-génomique.

B. ... Pour proposer des pratiques sociales de référence contribuant à mieux appréhender les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique

1. Proposer des enjeux de formation associés aux pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique

a. Identifier des enjeux

Le terme enjeu signifie somme d'argent ou objet risqué (que l'on met en jeu) en commençant la partie et qui doit revenir au gagnant. Par extension, il signifie ce que l'on peut gagner ou perdre dans une compétition, une entreprise, un projet.¹

Le terme d'enjeu désigne donc ce que l'on peut gagner ou perdre en fonction de l'action menée.

Expliciter les principaux enjeux de formation pour la génomique et la post-génomique vise donc à identifier les domaines où une formation semble indispensable au développement des différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique.

¹ Rey, 1995, Le petit Robert.

b. Identifier des enjeux de formation

Le terme de formation² recouvre l'action de former, de se former et la manière dont on se forme ou est formée. Plus particulièrement au XXème siècle la formation est associée à trois dimensions : l'éducation intellectuelle et morale d'un être humain (développement), les moyens par lesquels on la dirige ou on l'acquiert (éducation³, instruction), et enfin, les résultats obtenus (connaissance, culture)⁴.

Proposer des enjeux de formation pour les différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique nécessite de repérer pour ces pratiques les besoins de formation associés à ces trois dimensions :

- le développement intellectuel et moral d'un être humain : nous nous intéresserons particulièrement au développement des compétences méthodologiques, techniques, citoyennes et éthiques ;
- l'acquisition de connaissances et d'une culture : nous nous intéresserons particulièrement aux connaissances conceptuelles et à la culture associée ;
- la diversité des moyens à mettre en œuvre et actions à mener pour assurer le développement moral et intellectuel d'un être humain et acquérir connaissances et culture.

Le **tableau 24** (p.150 du manuscrit) propose une explicitation pour les différentes compétences concernées par la proposition des enjeux de formation.

² Le terme de formation vient du latin « *formatio* » qui vient de « *formare* » qui signifie former (Rey, 1995).

³ L'éducation est « *l'ensemble des actions et des influences exercées volontairement par un être humain sur un autre être humain, en principe par un adulte sur un jeune, et orientées vers un but qui consiste en la formation dans l'être jeune des dispositions de toute espèce correspondant aux fins auxquelles, parvenu à maturité, il est destiné.* » René Hubert cité par Michel Soëtard dans l'article Education du DĒEF, p.331.

⁴ Rey, Le petit Robert, 1995.

Tableau 24 : Explicitation des différentes compétences associées aux enjeux de formation

| |
|--|
| <p>Compétence éthique pour assurer un développement moral :</p> <p>Nous reprendrons la distinction qu’opère Paul Ricoeur⁵ entre éthique et morale. Il réserve éthique pour le « [...] <i>questionnement qui précède l’introduction de l’idée de loi morale</i> » et désigne par morale « [...] <i>tout ce qui, dans l’ordre du bien et du mal, se rapporte à des lois, des normes, des impératifs.</i> » Le passage d’une règle fondée sur des valeurs à la morale se marque par les notions d’impératifs et de loi caractérisées par l’interdiction. Si l’éthique contribue à la définition de la moralité, elle a une ambition plus vaste : « [...] <i>reconstruire tous les intermédiaires entre la liberté, qui est le point de départ, et la loi, qui est le point d’arrivée</i> ».</p> |
| <p>Compétences citoyennes :</p> <p>Pour Audigier⁶ « <i>L’éducation à la citoyenneté passe par l’acquisition de capacités cognitives, sociales et éthiques</i> » Une mise en relation entre savoirs et idéologie par identification des débats, des controverses, des différents acteurs, participe à une éducation citoyenne tout en s’appuyant sur un enseignement scientifique. Les objectifs de l’apprentissage d’un objet controversé ne peuvent se limiter à l’acquisition de savoir, il s’agirait plutôt de conduire les élèves à construire des problématiques dans une approche dialectique, avec une argumentation qui permet de classer, hiérarchiser les savoirs, des valeurs et donne du sens à la question.⁷</p> |
| <p>Compétences cognitives : qui concernent la connaissance</p> <p>Compétences méthodologiques : qui concernent les méthodes scientifiques et techniques, c’est-à-dire l’ensemble des démarches que suit l’esprit pour découvrir, démontrer « la vérité » ou plus généralement pour atteindre un objectif. Démarches en général propres à une discipline, il peut également s’agir d’un procédé technique scientifique (Rey, Le Robert, 1995).</p> <p>Compétences techniques : qui concernent l’ensemble des procédés ordonnés, scientifiquement mis au point qui sont employés à l’investigation et à la transformation de la nature.</p> <p>Notion de culture : technicité valorisée et partagée (Martinand (2000b)).</p> |

⁵ RICOEUR, P. (2000). Ethique. in Encyclopedia Universalis France SA (CD-Rom).

⁶ Cité par Legardez, J.Simmoneaux, 2006.

⁷ Legardez, J.Simmoneaux, 2006.

2. Proposer des pratiques sociales dont la mobilisation comme référence pour des contenus d'enseignement contribuera à mieux appréhender les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique

La comparaison des différents enjeux de formation pour les différentes pratiques permettra de mettre en évidence des enjeux récurrents portant sur l'une ou l'autre des compétences identifiées.

Nous proposerons des pratiques sociales qui si elles ne relèvent pas de la génomique et de la post-génomique présentent des caractéristiques dont la maîtrise permet de répondre partiellement aux enjeux de formation récurrents repérés. Ainsi les prendre comme référence pour un contenu d'enseignement pourrait contribuer à rendre plus lisible ces pratiques mais aussi les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique. C'est pourquoi nous parlerons de pratiques de référence facilitant l'appréhension des pratiques sociales de génomique et de post-génomique.

II. Caractérisation des pratiques sociales de recherche scientifique relevant de la génomique et de la post-génomique et enjeux de formation associés

A. La génomique et la post-génomique, des pratiques de recherche en génétique qui ambitionnent une approche globale

Génomique et post-génomique s'inscrivent dans le champ scientifique de la « génétique ». Ce champ a pour objet d'étude privilégié le gène⁸, une entité théorique.

La génétique est née, au début du XX^{ème} siècle, d'une distinction entre une science de l'hérédité (la génétique) et une science de la reproduction (l'embryologie). Cette distinction est arbitraire puisque l'hérédité résulte du processus de reproduction.

⁸ Lacadéna, 2001.

Sa force vient aujourd'hui de l'efficacité de ses méthodes (manipuler l'ADN, modifier le vivant) et de l'hypothèse amendée mais non complètement remise en question selon laquelle « *le principe de l'hérédité à la base de la reproduction des organismes vivants est atomistique, discontinu.* »⁹

Plusieurs disciplines, la génétique classique, la génétique des populations, la biologie moléculaire, le génie génétique, la génomique et la post-génomique se sont constituées au fil du temps autour de différentes problématiques.

Les recherches menées par la génétique classique (génétique Mendélienne, Morganienne) dans la première moitié du XX^{ème} siècle ont permis de caractériser **les lois qui régissent la transmission des caractéristiques biologiques entre les parents et leur descendance** en dévoilant le rôle central des gènes dans les phénomènes d'hérédité et en les ordonnant sur les chromosomes (Lacadena, 2001).

En 1940, une séparation se produisit entre deux façons de faire de la génétique :

- **la génétique des populations** regroupe ceux qui ont repris et développé la manière classique de faire de la génétique en liaison avec la mise en place de la théorie synthétique de l'évolution,
- **la génétique moléculaire** (incluse non sans débat dans la biologie moléculaire¹⁰) correspond à ceux qui, par de nouvelles approches, ont centré leurs recherches sur la nature chimique des gènes et les processus par lesquels les gènes contrôlent les fonctions cellulaires¹¹.

Les travaux d'Avery et MacLeod en 1944 portant sur l'identification de l'ADN comme base moléculaire de l'hérédité et ceux de Watson et Crick en 1953 sur la structure en double hélice de l'ADN ont ouvert des pistes prometteuses concernant la connaissance de **la base physique de conservation et de transmission des caractères héréditaires**. Ces pistes ont ensuite été explorées par la jeune biologie moléculaire.

⁹ MORANGE, M. (2004a). La génétique : une science aux caractéristiques très particulières. Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie, 11, (2), 235-247.

¹⁰ La biologie moléculaire est l'ensemble des techniques et des découvertes qui ont permis l'analyse moléculaire des processus qui assurent la pérennité et la reproduction (Morange, 1994).

¹¹ MORANGE, M. (2004a).

En 1950, l'objet d'étude de la génétique, le gène, fut remis en cause : Seymour Benzer dissocia les trois fonctions associées au gène¹² : unité de recombinaison, de mutation et de fonction¹³.

Dans les années 70, le **génie génétique**, ensemble de techniques permettant la manipulation des gènes et le questionnement du lien entre gène et caractère¹⁴ s'est développé. Il ouvre la voie à ce qui allait devenir la génomique tout en confirmant et amplifiant cet éclatement du gène. Ces difficultés à définir un gène furent ignorées par une partie de la communauté scientifique aboutissant notamment aux résultats décevants de la génomique : connaître le nombre de gènes du génome humain ne dit à peu près rien sur la complexité fonctionnelle que ce contenu génétique peut engendrer¹⁵.

L'ambition de la génomique et de la post-génomique est « *d'aborder de manière globale un certain nombre de problèmes complexes dont on n'avait jusqu'à présent qu'une connaissance fragmentaire : voies métaboliques, interaction de la cellule avec l'extérieur, mécanismes globaux de régulation et de contrôle* »¹⁶, séquence complète d'un génome. La compréhension globale et intégrée de la cellule, d'organes, voire même de l'organisme entier constitue leur horizon (Jacquet, 2001).

Le **tableau 22** des annexes de la partie III (p.64) récapitule pour ces différentes pratiques de recherche leur problématique.

Le champ de la génétique est un champ dont le contenu cognitif, les pratiques et l'organisation sociale (communauté de chercheurs multiples et différents) a évolué au cours du temps. La force de ce champ, malgré ses faiblesses (déstabilisation du concept de gène, cohérence faible entre les différentes communautés de généticiens) réside dans la puissance de ses pratiques : isoler, séquencer un gène, rechercher des mutations, suivre leur répartition dans une population, mesurer l'expression simultanée de centaines de gènes, modifier le contenu génétique d'un organisme en y ajoutant un gène ou en inactivant un, etc....

¹² MORANGE (2004a).

¹³ Et montra que chacune d'entre elles était associée à un niveau d'organisation inférieur au gène.

¹⁴ MORANGE, M. (2002). Histoire de la génétique. Conférence prononcée lors des journées nationales de SVT des 5 et 6 mars 2002.

¹⁵ MORANGE, M. (2004a).

¹⁶ Dardel, F., Képès, F. (2002) p.9.

La mise au point des techniques de génomique et de post-génomique a contribué à accroître l'efficacité des techniques génétiques¹⁷ tout en ouvrant sur de nouvelles problématiques dont le point commun est le questionnement d'une globalité.

B. Génomique et post-génomique des pratiques de recherche scientifique aux contours encore flous dans les années 90 : proposition d'une première caractérisation de ces deux types de pratiques de recherche

1. Génomique, post-génomique des dénominations encore instables et pas toujours considérées comme des disciplines de recherche

a. Génomique et post-génomique, des dénominations instables et multiples...

Le **Tableau 23** des annexes de la partie III (p.65) qui propose un regroupement d'exemples de pratiques de recherche dénommées génomique ou relevant de la post-génomique (cytomique, physiomique) montre que les dénominations varient en fonction des auteurs.

En effet, selon les auteurs, la génomique recouvre des approches structurales et fonctionnelles¹⁸ ou se limite à une approche structurale du génome. Le terme de post-génomique, quand il est employé, est toujours associé à des approches fonctionnelles¹⁹

¹⁷ MORANGE, M. (2004a).

¹⁸ la génomique vise d'une part « [...] la connaissance complète des génomes, tant en ce qui concerne le nombre et la position sur les chromosomes des gènes qui les constituent, que leur séquence chimique et les produits cellulaires (le plus souvent protéiques) qui résultent de leur fonctionnement » et d'autre part « [...] la connaissance des mécanismes régulateurs de ces gènes et l'étude de leur fonctionnement intégré dans la cellule et l'organisme. » (rapport commandé par l'Académie des sciences (1999)). Elle regroupe alors les approches structurales et fonctionnelles. La génomique visant la compréhension de la logique de l'organisation du génome et de son fonctionnement physiologique intégré, les auteurs de ce rapport justifient le rejet du terme de post-génomique par le fait que l'achèvement du projet Génome humain n'a pas permis d'atteindre tous les objectifs de la génomique et que le temps n'est pas encore venu de passer à la post-génomique.

¹⁹ Ainsi pour Morange (2001) ou Lacadena (2001) la génomique, étude des gènes, de leur organisation et de leurs séquences, se limite à l'approche structurale du génome. « [...] Offrir une image globale du fonctionnement des êtres vivants, soit en étudiant l'expression simultanée de l'ensemble des gènes, soit en décrivant la totalité des interactions qui se forment entre les produits de ces gènes » (Morange, 2001) définit pour Michel Morange les visées de la post-génomique, encore appelées génomique fonctionnelle, qui recouvre alors

portant sur la mesure du taux d'expression génique ou sur l'identification de l'ensemble des produits géniques ou du métabolisme présents dans une cellule ou un organisme et ouvrant la voie à la caractérisation d'interactions, à la modélisation de réseaux.

Par ailleurs, fleurissent depuis la fin des années 90 de nouveaux termes en -omique. Un recensement de ces termes et du nombre de leurs citations est proposé dans le **tableau 24** des annexes de la partie III (p.72).

Ces termes désignent l'étude selon une approche globale, souvent fonctionnelle mais parfois aussi structurale, des objets d'étude de la post-génomique. Les pratiques de recherche les plus fréquentes sont notamment la protéomique qui étudie le protéome, la physiomique qui étudie le physiome et l'interactomique qui étudie de l'interactome, etc....

La protéomique, par exemple, articule une approche structurale (modification de structures des protéines après leur synthèse, essai de modélisation de la structure tridimensionnelle à partir de la connaissance de la succession des acides aminés) et une approche fonctionnelle (rôle, localisation et interactions des ensembles de protéines synthétisées par une cellule à un moment donné, dans un contexte donné).

b. ...Associées à des enjeux disciplinaires

Pour Morange (à paraître), savoir si la génomique, la post-génomique ou même encore la protéomique sont des disciplines n'appelle pas de réponse univoque et dépend des « *ambitions sous-jacentes aux travaux entrepris par les scientifiques dans ce domaine.* »

Les approches associées à ces trois termes pourraient s'inscrire dans le cadre disciplinaire de la **biologie moléculaire**. Les études macromoléculaires en rapport avec leur structure ou leur fonction menées dans le cadre de ces approches ne se différencient de celles menées en biologie moléculaire que par leur recherche d'une vision plus globale. A priori, nul besoin de créer une nouvelle discipline.

Pourtant la biologie moléculaire tend à disparaître alors que la génomique et la post-génomique occupent le devant de la scène.

Deux raisons peuvent expliquer ce paradoxe : l'ubiquité de la biologie moléculaire dans le champ des recherches en sciences de la vie et l'association forte de cette discipline avec la

les approches fonctionnelles aussi bien du génome, que du transcriptome, ou encore du protéome, de l'interactome, ou du physiome, etc...

vision informationnelle (le vivant est déterminé par ses gènes) qui est actuellement remise en question.

Morange (2004a) note que par contre la génétique se maintient comme discipline alors qu'elle devrait disparaître, en raison, avance-t-il, du poids de la génétique médicale.

Ainsi pour certains biologistes, les approches génomiques et post-génomiques renouvelant la vision du vivant et de son étude, en l'envisageant globalement, méritent d'être qualifiées de disciplines.

Dans ce mémoire, le terme de **génomique** sera associé aux approches structurales et celui de **post-génomique** aux approches fonctionnelles.

Néanmoins, étant donné le caractère instable des dénominations, nous avons choisi dans un premier temps de présenter les caractéristiques associées aux approches globales structurales et fonctionnelles.

2. Caractérisation des approches globales structurales et fonctionnelles des pratiques de recherche scientifique en génomique et en post-génomique

a. **Caractérisation des objets d'étude**

Contrairement à la biologie moléculaire, la génomique et la post-génomique n'étudient pas des entités particulières, un gène, une protéine, un produit du métabolisme, la variation quantitative d'un produit, une interaction, mais **des ensembles²⁰ de produits ou d'interactions, variables en fonction du temps et du contexte**. Cette idée d'ensemble est marquée par l'usage du suffixe « ome ».²¹

²⁰ Voir la définition des objets d'étude des différentes disciplines en -omique présentées dans le **tableau 24** des annexes de la partie III (p.72).

²¹ D'après Billings et Koliopoulos (2001) le terme de génome qui date de 1932 viendrait de « genes' home », la maison des gènes.

Trois types d'objets globaux sont étudiés. (Gros, 2003 ; Noble, 2007 ; Hermann, 2006)

La plupart des objets d'étude renvoie à des **ensembles de produits géniques** plutôt qu'à des gènes ou des produits particuliers. Ainsi, le **génom**e est l'ensemble du matériel génétique d'un individu ou d'une espèce, le **transcriptome**, l'ensemble des ARNm transcrits à partir d'un génome, le **protéome**, l'ensemble des protéines codées par un génome, le **métabolome**, l'ensemble des produits du métabolisme issus de l'activité cellulaire.

Certains comme le **physiome** correspondent à une **description quantitative globale de la dynamique physiologique** d'un organisme en état de fonctionnement qui s'appuie sur les informations provenant de l'étude par exemple du génome, du transcriptome et du protéome.

Enfin, l'**interactome** se définit **comme l'ensemble des interactions moléculaires** au sein des cellules.

Il est à noter que s'il existe un seul génome pour un organisme, il existe plusieurs transcriptomes, protéomes, métabolomes, physiomes ou interactomes qui sont le reflet des interactions complexes qui régulent le fonctionnement de la cellule et de l'organisme à un moment donné, dans un contexte particulier.

b. Caractérisation des problématiques :

Le **Tableau 23** des annexes de la partie III (p.65) qui propose un regroupement d'exemples de pratiques de recherche relevant de la génomique ou de la post-génomique (cytomique, physiomique) montre que ces pratiques sont associées au développement de deux types d'approches globales : une approche structurale et une approche fonctionnelle.

L'approche structurale, initialement centrée sur la **structure des génomes et qui correspond pour nous aux pratiques de recherche scientifique en génomique**, vise à déterminer la **séquence intégrale** des bases qui constituent les molécules d'ADN par dissection moléculaire puis à dresser l'inventaire de **la totalité des gènes** d'un organisme, à les localiser sur le génome et à établir leur séquence complète.

Une approche structurale des protéines se développe parallèlement. Elle vise l'étude des familles de protéines, de leurs repliements structuraux et de la relation structure-fonction. A terme, l'objectif est de pouvoir prédire à partir de la connaissance de la séquence linéaire des gènes, la conformation tridimensionnelle des protéines et donc leur fonction.

L'approche fonctionnelle vise un double objectif : identifier la fonction des gènes repérés et localisés sur le génome (annotation) et l'étude du fonctionnement du génome et plus largement des cellules et de l'organisme. Ce second objectif s'intéresse à la compréhension des modalités de fonctionnement de l'ensemble des gènes et de leurs produits, de leurs interactions au sein des cellules, des organes et des organismes qui les portent en fonction du temps (stades de développement) et des conditions du milieu (environnement).

L'annotation des gènes vise à rechercher des similitudes entre gènes d'organismes différents et à rechercher la fonction des gènes.

La recherche de la fonction des gènes s'appuie souvent sur l'étude des conséquences de l'inactivation²² d'un gène²³. Elle s'avère être la partie la plus délicate du projet génome humaine.

L'analyse des fonctions du vivant en bloc et l'interprétation statistique des processus cellulaires (transcription, traduction en protéines, réactions du métabolisme, etc....) permet ainsi une approche globale et intégrée de l'usine cellulaire (Gros, 2003).

c. Caractérisation des ressources intellectuelles (concepts, démarche méthodologique) et matérielles (méthodes, techniques) employées

Les ressources intellectuelles et matérielles sont issues de différentes pratiques de recherche :

Les ressources conceptuelles

Les concepts et notions au cœur de **l'approche structurale** sont essentiellement des **notions de génétique moléculaire, de génétique classique et du génie génétique**²⁴ .

²² Techniques d'inactivation génique et utilisation des ARN interférents.

²³ MORANGE (2004a).

²⁴ acides nucléiques, structure du génome, génome des organites, structure des gènes (promoteurs, enhancers, silencers, introns, exons,...), transcription, traduction, gènes, familles multi géniques, séquences apparentées, fraction codante et non codante du génome (analyse de la transmission des marqueurs, génotypage et clonage positionnel d'un gène), etc.... (Bernot, 2000).

Les **approches fonctionnelles** en visant la compréhension du fonctionnement global et intégré de la cellule, d'un organe ou de l'organisme articulent des résultats obtenus pour différents niveaux d'organisation, et donc des concepts, des cadres théoriques issus de domaines différents (génomique, biologie moléculaire, biologie cellulaire, physiologie, embryologie par exemple). Les approches sont donc multi échelles, pluri théoriques et intra et inter disciplinaires.

De nouveaux **schèmes explicatifs** émergent : l'explication n'est plus forcément à rechercher uniquement au niveau moléculaire²⁵. Chaque niveau d'organisation possède sa logique propre et constitue un niveau d'explication qui peut permettre de rendre intelligible les résultats observés au niveau inférieur²⁶ (NOBLE, 2007).

Les ressources techniques et méthodologiques

Les techniques et méthodologies employées pour les approches structurales et fonctionnelles sont **issues de différentes disciplines**²⁷ : biologie moléculaire, génie génétique, génétique classique, bio-informatique, robotique, mathématiques, chimie combinatoire, sciences pour l'ingénieur (génie des procédés, nanotechnologies, automatismes...).

Cette **diversité des pratiques**, présente dans l'ensemble du champ de la génétique (étude des croisements, étude des fréquences de transmission, techniques de la génétique moléculaire), est à comprendre pour Morange (2004a) comme une conséquence inévitable du fait que ce champ est fondé sur une entité théorique, le gène, et que les techniques de la génétique sont celles qui permettent de « l'observer », d'en appréhender le fonctionnement. Dans le cas des développements de la génomique et de la post-génomique, leurs techniques et méthodes sont celles qui permettent d'observer, de décrire des ensembles complexes (génomique, transcriptome, protéome, etc...) et d'en appréhender le fonctionnement, ce qui explique cette pluridisciplinarité.

Les ressources techniques et méthodologiques pour recueillir, stocker et traiter des quantités importantes de données : le développement d'une biologie à grande échelle²⁸

²⁵ Voir la démarche ascendante, document 10 des annexes de la partie II, p.24.

²⁶ Voir la démarche intégrative, document 10 des annexes de la partie II, p.35.

²⁷ Académie des sciences, 1999.

²⁸ <http://www.genopole.fr/La-Genetique.html> : La génétique.

Les développements de la génomique et de la post-génomique s'accompagnent de développements techniques (Houdebine & Tiollais, 2000) et méthodologiques qui ont permis l'investigation à la fois structurale et fonctionnelle d'objets complexes.

Trois grands types de techniques et de méthodes spécifiques des analyses génomiques et post-génomiques peuvent être distingués : **les techniques et méthodes de séquençage (approches structurales), les techniques et méthodes d'analyse du transcriptome, du protéome, du physiome, etc.... (approches fonctionnelles) et techniques de bio-informatique nécessaires aussi bien pour les approches structurales que fonctionnelles** (Houdebine & Tiollais, 2000).

Les principales techniques et méthodes des approches structurales et fonctionnelles sont récapitulées et décrites dans le **tableau 25** des annexes de la Partie III (p.73).

La spécificité de ces techniques et méthodes ne réside pas tant dans leur principe que dans l'échelle de leur mise en œuvre

Concernant les outils de biologie moléculaire, de génie génétique²⁹ et de génétique classique³⁰ mobilisés pour les approches structurales et fonctionnelles, ce qui est nouveau, ce ne sont pas tant le principe des techniques que **l'échelle de leur mise en œuvre**. Ainsi, par exemple, des outils d'analyse « haut débit », comme le séquenceur automatique ou les puces à ADN, résultent du perfectionnement, de la simplification et de l'automatisation de techniques de génie génétique (Houdebine & Tiollais, 2000).

Un changement d'échelle permis par la robotisation et l'informatisation : exemple du séquençage des génomes

La molécule d'ADN, en raison de sa complexité et de sa taille (plus de 3 milliards de paires de bases chez l'homme) a nécessité pour son séquençage des équipements capables de traiter

²⁹ enzyme de restriction, électrophorèse, clonage de gènes, construction de banques d'ADN, techniques d'hybridation pour la localisation des gènes, amplification enzymatiques (PCR, 1980), techniques de séquençage d'ADN (inspiré de Sanger), etc....

³⁰ Cartes génétiques (type de carte de liaison) de 2^{ème} génération à haute résolution (nécessitent l'usage de l'informatique) inspirées des cartes génétiques de Morgan.

des millions de données. Des techniques performantes faisant largement appel à l'utilisation de robots, l'automatisation et la mise en parallèle d'appareils placés sous le contrôle d'une importante informatique de gestion et d'exploitation, ont été mis au point dans les années 90 et ont permis d'accélérer les procédures expérimentales de séquençage³¹ ainsi que l'acquisition et l'analyse des résultats.

Le rôle central de la bio-informatique

Les développements de la génomique et de la post-génomique dépendent du développement de deux types d'informatique : une informatique spécifique de gestion et d'exploitation et une informatique de modélisation.

Le développement d'une informatique spécifique de gestion et d'exploitation est indispensable pour :

- le contrôle et le pilotage de ces nouvelles technologies appuyées sur la robotisation, l'automatisation et la mise en parallèle d'appareils (comme les séquenceurs) ;
- la saisie et l'archivage d'une quantité massive d'informations ;
- la constitution et la gestion de **bases de données** informatisées ;
- l'analyse, le traitement ou l'exploitation de ces bases de données : par exemple, pour valoriser les données sur les séquences génétiques, des programmes permettent de classer les gènes, de comparer les informations détenues par différentes bases de données, de caractériser la fonction des gènes (annotation³²).

Quant à **l'informatique de modélisation**, elle est au cœur de différentes visées : déterminer la structure tridimensionnelle des protéines à partir de la séquence linéaire des gènes³³ ou encore comprendre de façon intégrée le fonctionnement d'une cellule, d'un organe ou d'un organisme entier.

Le développement important de la **modélisation informatique** questionne la place et le rôle des modèles par rapport aux données empiriques et semble ouvrir de nouveaux espaces pour une **biologie théorique**³⁴.

³¹ Issues dans leur principe des procédures utilisées en biologie moléculaire, génie génétique et génétique classique.

³² ROSSIER, J. (2002 ou 2003). La complexité après le séquençage. *Pour la science*, n°314 décembre 2003 ?

³³ ROSSIER, J. (2002 ou 2003). La complexité après le séquençage. *Pour la science*, n°314 décembre 2003 ?

³⁴ **Document 10** des annexes de la partie II, p.37 (Morange, 2006).

La constitution de nombreuses bases de données

Enfin la mise en œuvre de ces techniques et méthodes a permis et nécessité la constitution de nombreuses **banques de données**³⁵ :

- in vivo regroupant des échantillons réels (banque d'EST, banque de séquences d'ADN (cartes physique)³⁶) référencés et susceptibles d'être manipulés ;
- et in silico, stockant de grandes quantités d'information.

Le développement et la mise en place de ces techniques et méthodes à grande échelle a entraîné des modifications dans l'organisation de la recherche

Pour les approches structurales

Face à l'ampleur de la tâche que représente le séquençage de génomes complet, deux mouvements s'observent : **dispersion géographique** du travail entre une multitude de laboratoires à travers le monde et **concentration des moyens techniques et humains** dans des « *genomes centers* »³⁷ où toutes les étapes du séquençage sont réalisées sur une grande échelle de production. La combinaison de la **concentration du travail dans les « Genome centers » et de l'automatisation** du séquençage a permis de réaliser des **économies d'échelle** importantes.

Un consortium international regroupe l'ensemble des laboratoires publics impliqués dans le séquençage des génomes. Ces laboratoires mutualisent leurs résultats au fur et à mesure de leur obtention en les mettant en ligne dans une banque de données accessible à tous.

Le coût des recherches et le caractère industriel des méthodes de production des résultats de l'analyse des génomes expliquent sans doute en partie qu'un grand nombre de sociétés privées aient pris part au projet génome humain (PGH) au cours des années 90 dans des domaines aussi variés que la distribution des réactifs, l'instrumentation, ou encore l'élaboration de diagnostic génétique, voire une participation étroite au PGH³⁸.

³⁵ Banques de données in silico, stockant de grandes quantité d'information (séquences complètes des génomes d'une espèce ; profils d'expression du transcriptome corrélés à différents paramètres, etc...) ou banques in vivo, regroupant des échantillons réels (banque d'EST, banque de séquences d'ADN (cartes physique)) référencés et susceptibles d'être manipulés.

³⁶ Le **tableau 25** des annexes de la Partie III décrit les principales techniques et méthodes des approches structurales et fonctionnelles (p.73).

³⁷ Le génopole à Evry a été créé en 1998.

³⁸ Auffray, 1996.

Pour les approches fonctionnelles

Comme en témoignent les exemples de projets de recherche regroupés dans le **document 11**³⁹, les approches fonctionnelles se caractérisent par la mise en place de projets coopératifs entre différentes disciplines qui articulent des approches structurales et fonctionnelles. En France, ces projets sont souvent portés par les génopoles. Si dans ce cadre, la spécificité en termes d'objet d'étude et de problématique des approches structurales restent les mêmes, elles s'inscrivent dans un projet dont la problématique d'ensemble ne se limite plus au séquençage du génome mais à la compréhension intégrée du fonctionnement d'une cellule, d'un organe, d'un organisme.

d. Première caractérisation des approches structurales et fonctionnelles

Les pratiques de recherche scientifique de la génomique et de la post-génomique se caractérisent par une visée de **compréhension globale et intégrée** du fonctionnement de la cellule⁴⁰ et de l'organisme prenant en compte sa dimension historique (stade de développement) et son insertion dans un environnement donné.

Cette visée se traduit :

- dans le choix et/ou l'élaboration d'objets d'étude globaux ;
- dans la définition de problématiques structurales et fonctionnelles globales et intégrées ;
- par la nécessité d'articuler à la fois des concepts issus de disciplines diverses et des résultats issus de niveaux d'organisation différents ;
- par l'automatisation et l'échelle de mise en œuvre de méthodes et techniques multidisciplinaires ;
- par la place de la bioinformatique
- par la mise en place d'une organisation particulière de la recherche.

Les collaborations interdisciplinaires imposées par les objets d'étude et les problématiques des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique et portées par l'articulation et

³⁹ **Document 11** des annexes de la partie III, p.76.

⁴⁰ L'analyse des fonctions du vivant en bloc et l'interprétation statistique des processus cellulaires (transcription, traduction en protéine, réactions du métabolisme, etc...) permet ainsi une approche globale et intégrée de l'usine cellulaire (Gros, 2003 ; ABPG, 2004).

le développement de techniques et de méthodes spécifiques devraient conduire à l'élaboration de nouveaux concepts et à une « *vision plus intégrée du monde vivant de la cellule à l'organisme et à la population* » (Jacquet, 2001).

e. Les résultats des approches structurales : une avancée

Le séquençage de génomes complets constitue une avancée des connaissances sur le vivant dans la mesure où elle établit le cadre du possible : parmi tous les génomes humains possibles elle établit ceux qui existent (combinatoire de $4n$ à 3 milliards de positions, soit dix puissance un milliard de génomes possibles). Elle apporte donc incontestablement une vision globale⁴¹. La connaissance de ce cadre rend possible des études globales et intégrées des processus biologiques (post-génomique) et ouvre sur de nouvelles questions portant sur la comparaison des génomes entre espèces, entre organismes possédant ou pas tel ou tel caractère, ou encore sur leur histoire évolutive⁴².

La description des génomes (Houdebine & Tiollais, 2000) **poursuivie par les approches structurales permet donc de** faciliter les recherches scientifiques ultérieures en proposant, concernant la séquence d'ADN, un cadre d'étude (nombre de gènes, localisation des gènes, organisation du génome, zones d'ADN similaires, etc...), des bases de données in vivo ou in silico (constituées grâce à la Cartographie génique, physique, au séquençage) (Jacquet, 2001) **La génomique est outil au service de différentes disciplines du champ de la biologie contemporaine : elle permet par exemple des comparaisons de génome.**

Des exemples de résultats des pratiques de recherche en génomique sont présentés dans le **tableau 26** des annexes de la partie III (p.83).

⁴¹ MORANGE, M. (à paraître).

⁴² MORANGE, M. (à paraître). « *Cette vision globale peut permettre de poser de nouvelles questions, comme, par exemple, concernant la comparaison de formes pathogènes et non pathogènes. Qu'est-ce qui séparent les formes pathogènes, des formes non pathogènes ? S'il s'agit de l'acquisition d'un ensemble de gènes conférant les propriétés pathogènes, comme c'est souvent le cas, quand ces gènes sont-ils apparus ?* »

f. Limites actuelles de ces approches globales :

Les principales difficultés rencontrées par ces approches pour leur développement sont de différents ordres : conceptuelles, techniques et budgétaires.

Des difficultés conceptuelles et techniques : des difficultés à produire des savoirs biologiques à partir d'une masse considérable de données sur le génome, le protéome, etc....

- Des difficultés à traiter une masse considérable de données :

Les techniques et méthodes mises œuvre par les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique introduisent une coupure entre les données biologiques, leur recueil, leur saisie, leur archivage, la constitution de bases de données, et leur interprétation en termes biologiques par un traitement souvent informatique qui permet d'extraire une signification biologique de ces données.

Pour les informaticiens, le traitement de cette masse considérable⁴³ de données aussi bien pour son stockage que pour son classement⁴⁴ constitue un problème technique. Le traitement de ces données pour en extraire une signification biologique interroge les informaticiens et les biologistes, d'un point de vue technique et conceptuel, sur les approches rationnelles à développer⁴⁵. Un des enjeux forts de ces pratiques de recherche est la mise au point d'outils permettant par exemple la comparaison ou l'interprétation des banques de données sur l'ADN, ou encore d'outils permettant de comparer ces banques de données sur l'ADN avec des bases de données médicales⁴⁶.

La décontextualisation du recueil des données du séquençage d'un questionnaire biologique conduit certains scientifiques à interroger les limites dans lesquelles les résultats sur le génome humain peuvent être exploités.⁴⁷

- Des difficultés à expliquer globalement le fonctionnement de systèmes complexes (cellule, organe, organisme)

⁴³ Masse énorme de données brutes de séquences, inventaire considérable de protéines.

⁴⁴ <http://www.recherche.gouv.fr/recherche/aci/genob.htm>: Action concertée incitative : programme génomique (page consulté le 18/07/2008).

⁴⁵ Académie des sciences, 1999.

⁴⁶ Académie des sciences, 1999.

⁴⁷ Billings & Koliopoulos, 2001.

La vaste complexité des phénomènes biologiques humains ne peut s'expliquer par les 30 000 à 40 000 gènes identifiés.

Les approches fonctionnelles devront fournir des indices supplémentaires indispensables pour expliquer les nombreux aspects des relations entre génotype et phénotype. En effet, le génome est éloigné de plusieurs niveaux des mécanismes impliqués dans la production des phénotypes tout en interagissant de manière complexe avec lui-même et avec le milieu dans lequel il se trouve (noyau, cellule, tissu, organe, corps au sein d'un environnement).

De plus, l'association entre des séquences d'ADN et un phénotype sera le plus souvent de nature probabiliste et ne relèvera pas du déterminisme. Des **incertitudes et influences** non évaluées subsisteront dans la plupart des analyses uniquement centrées sur le génome.

➤ Le problème de l'annotation des séquences

Annoter les séquences nucléotidiques identifiées comme des gènes lors du séquençage d'un génome consiste à en définir les caractéristiques fonctionnelles.

Les difficultés rencontrées lors de cette dernière étape du séquençage pour associer un gène à une fonction soulignent l'inadéquation entre la vision « du tout génétique » dans laquelle le projet génome humain s'ancre et la complexité fonctionnelle des gènes⁴⁸.

Noble (2007) attire l'attention sur la pertinence de ne pas donner à un gène le nom d'une fonction autre que celui correspondant à la protéine codée. En effet, les produits des gènes contribuent à de multiples fonctions et choisir de dénommer un gène par une de ses fonctions⁴⁹, c'est s'aveugler sur les autres fonctions qu'il pourrait remplir.

Néanmoins l'annotation des génomes constitue un enjeu fort dans la mesure où de la qualité des annotations dépendra la possibilité et l'intérêt de la comparaison entre génomes⁵⁰.

⁴⁸ En effet, la nouvelle vision de la fonction des gènes se caractérise notamment par l'impossibilité de définir la fonction d'un gène, dans la mesure où le produit de chaque gène est impliqué, en association avec des produits d'une multitude d'autres gènes, dans de multiples processus au sein de l'organisme (Morange, 2001).

⁴⁹ Par exemple le gène « période » chez la drosophile est impliqué dans le développement embryonnaire de la drosophile mais aussi notamment dans le codage du chant d'amour du mâle (Noble, 2007).

⁵⁰ MORANGE, (2001).

Des difficultés budgétaires subsistent

Le coût des méthodes et techniques mises en œuvre reste encore prohibitif malgré l'émergence de technologies permettant de séquencer l'ADN plus vite, plus facilement et à moindre coût.⁵¹

Ces éléments montrent que les approches structurales et fonctionnelles peuvent être caractérisées spécifiquement par des objets d'étude, des problématiques, des ressources intellectuelles et matérielles et par une organisation de recherche.

Les approches structurales ont permis de constituer de nombreuses bases de données exploitables sur les génomes. Leur interprétation reste incomplète.

Les approches fonctionnelles se heurtent également à la complexité des données recueillies.

Les deux paragraphes suivants visent à caractériser spécifiquement les pratiques de recherche en génomique (approches structurales) et en post-génomique (approches fonctionnelles).

Pour les approches structurales deux finalités nous semblent à distinguer.

Une première finalité correspond au séquençage d'un génome. Cette finalité était au cœur du projet génome humain.

La seconde finalité explicitée plutôt après les premiers résultats de séquençage vers la fin des années 90 vise une compréhension intégrée du fonctionnement en s'appuyant notamment sur les données des approches structurales sur le génome ou le protéome.

Ces différentes finalités associées à la génomique reflètent pour nous la tension entre les deux visions du vivant dans laquelle s'inscrit la génomique : une tension entre une vision informationnelle (le vivant est déterminé par ses gènes) et une vision plus systémique (le vivant résulte d'interactions complexes).

Pour les pratiques de recherche en génomique, nous souhaitons donc clarifier les contextes de recherche dans lesquels s'inscrivent les différentes pratiques.

⁵¹ Académie des sciences, 1999.

En outre nous souhaitons caractériser des pratiques de recherche ayant inclus des savoirs, des ressources matérielles issus des pratiques génomiques et expliciter les évolutions subies par ces pratiques.

Pour les pratiques de recherche en post-génomique, nous souhaitons expliciter son inscription dans la nouvelle vision et caractériser les évolutions de pratiques de recherche scientifique en biologie concomitantes à l'émergence de la post-génomique.

Nous proposerons alors pour ces différentes pratiques des tableaux récapitulant leurs différentes caractéristiques.

C. Caractérisation des pratiques de recherche en génomique et des pratiques ayant inclus comme ressources matérielles ou intellectuelles des résultats ou techniques des pratiques de génomique

1. Les pratiques de recherche scientifique en génomique

a. Les pratiques de recherche scientifique en génomique dans le cadre du projet « Génome humain »

Inscrit dans la logique de l'élucidation de la structure chimique des gènes (1953), il était naturel que le projet de séquencer le génome humain émerge (Morange, 2002).

L'idée de séquencer complètement le génome humain, lancée dans les années 80, aboutit en 1990 à l'ouverture officielle des travaux par James Watson. Les premières années sont occupées par l'étude du génome d'organismes servant de modèles et de tests pour les méthodes de séquençage et de déchiffrement de l'ADN ainsi que par l'établissement de cartes très précises du génome humain. La détermination complète en 1995 du génome d'une cellule

vivante, *Haemophilus influenzae*⁵², fait la preuve du caractère réaliste du projet de séquencer le génome humain, trois milliards de paires de bases. Cette date marque, pour certains, **l'entrée de la biologie moléculaire dans l'ère de la génomique**⁵³.

Un succès rapide ...

Le séquençage complet des trois milliards de paires de bases du génome humain se termine le 14 avril 2003. De premiers résultats, quasi complets, ont été présentés par les revues Science et Nature le 12 février 2001.

...mais décevant par rapport aux attentes

Des attentes concernant les connaissances en génétique et la mise à disposition d'outils nécessaires à la compréhension et au traitement de nombreuses maladies (génétiques ou possédant des facteurs de prédisposition génétique)

La principale justification avancée pour la mise en œuvre du Projet Génome Humain est l'accélération de la constitution d'une base de connaissances en génétique fondamentale.

Le séquençage du génome humain est le seul moyen de dresser un inventaire exhaustif et précis des gènes humains pour faciliter leur repérage dans un génome morcelé et comportant de long fragments sans signification apparente⁵⁴.

Pourtant ce séquençage a longtemps été considéré comme inutile et coûteux dans la mesure où seuls 3% des 3 milliards de nucléotides correspondent à des parties codantes, ou gènes.

C'est au cours des années 1990, qu'il a été montré que le séquençage des ARN messagers⁵⁵ jusqu'alors considéré comme une alternative au séquençage complet du génome humain pour

⁵² Bactérie responsable d'infections bronco-pulmonaires chez les jeunes enfants.

⁵³ Dardel & Képès, (2002).

⁵⁴ Site du Genoscope consulté en 2004.

⁵⁵ Les ARNm sont les produits de la transcription des gènes.

dresser un inventaire des gènes, ne permettait pas de dresser un inventaire fiable des gènes humains sans la séquence du génome.

En outre, impliquant des efforts redondants, le séquençage systématique du génome est apparu à terme comme plus économique qu'une étude des gènes humains au cas par cas. C'est un des éléments qui a motivé le lancement du projet Génome humain au début des années 1990.

➤ Faciliter les recherches scientifiques ultérieures

Pour justifier le projet génome humain, à la fin des années 80, « *de nombreux biologistes s'exprimaient comme si l'information de séquence allait fournir par elle-même tout ce qui est nécessaire à la compréhension de la fonction biologique* » (Fox Keller, 2003, p.10).

En effet, certains ont avancé que puisque tout était écrit dans le programme génétique⁵⁶, l'ADN étant le « *livre de la vie* »⁵⁷, il suffisait de déchiffrer ce programme, de séquencer les génomes, de connaître les gènes pour tout connaître.

Morange (2001) rappelle qu'une des motivations forte avancée en faveur du séquençage des génomes était que « [...] *ces programmes permettraient de découvrir des gènes entièrement nouveaux, sous-entendu dont l'existence « expliquerait » les caractéristiques encore incompréhensibles du monde vivant.* »

➤ répondre à l'espoir de comprendre les maladies humaines en permettant une approche plus rationnelle.

Pour les promoteurs du projet génome humain, l'inventaire des gènes humains devait profiter en premier lieu à la recherche des gènes impliqués dans les maladies.

○ Faciliter l'identification des gènes impliqués dans les maladies génétiques⁵⁸

⁵⁶ « Walter Gilbert écrivait « une séquence de trois milliards de bases peut être enregistrée sur un seul compact disc (CD), et l'on pourra tirer un CD de sa poche en disant : « voici un être humain ; c'est moi ! » (Fox Keller, 2003, p.10).

⁵⁷ Article déterminisme génétique : <http://cirs.fr/breve.php?id=297> .

⁵⁸ Site du Genoscope consulté en 2004.

Très souvent, des études génétiques permettent de définir le long d'un chromosome un "intervalle" où se trouverait le gène causant une maladie dans sa forme mutée. La connaissance de la séquence finie et annotée et donc de l'inventaire des gènes de l'intervalle en question permet alors de ne retenir que ceux qui ont le plus de chance d'être impliqués dans la pathologie, du fait des propriétés connues ou supposées de leurs produits, et de commencer les travaux sur les meilleurs candidats.

En l'absence de la connaissance de cet inventaire, les généticiens devaient explorer, en aveugle, au cours d'un travail long et fastidieux des intervalles de plusieurs millions de nucléotides, à la recherche des centaines de gènes qui pouvaient s'y trouver.

- Faciliter l'identification des gènes de prédisposition

Enfin, la séquence du génome humain, jointe à l'inventaire des positions variables d'une personne à une autre, devait faciliter **l'identification des facteurs génétiques** de susceptibilité aux maladies communes, par exemple par la comparaison de bases de données corrélant des données sur le génome ou le transcriptome et des données cliniques. Ainsi, par exemple, la comparaison des gènes exprimés dans une tumeur par rapport à ceux exprimés dans les tissus normaux permet l'identification des gènes qui prédisposent à certains cancers.

- Permettre de nouveaux développements en matière de médecine et de santé notamment fournir des indices pour prévenir, détecter et combattre les maladies

Les résultats du projet génome humain devaient également permettre :

- de mettre au point des **tests diagnostics ou des tests de dépistage** (pour les maladies génétiques mais aussi pour les maladies présentant des facteurs de susceptibilité) ;
- de **comprendre** les mécanismes physiologiques de l'apparition des maladies ;
- d'**explorer de nouvelles thérapeutiques** (identification de nouvelles cibles, mise au point de la **thérapie génique**).

Des attentes concernant l'origine de notre spécificité⁵⁹ : évolution de l'espèce et histoire des communautés

Le projet génome humain promettait lors de son lancement de « *révéler le programme génétique qui nous dit qui nous sommes* » (Evelyne Fox Keller (2003) p.8).

En effet, « [...] *beaucoup espéraient que la connaissance complète de notre génome révélerait directement l'origine de notre spécificité* »⁶⁰ notamment par la mise en évidence de l'apparition de nouveaux gènes spécifiques de l'homme ou de la caractérisation d'une organisation spécifique de notre génome.

Ainsi le recensement des attentes formulées pour le projet « Génome humain » ancre clairement ce projet dans la vision informationnelle.

Des résultats décevants par rapport aux attentes qui mettent en lumière les insuffisances de l'approche structurale du génome

L'immensité de la tâche éveilla lors du lancement du projet Génome humain beaucoup de scepticisme. Depuis, alors que le rythme de séquençage a dépassé toutes les attentes, ce que retient Fox Keller (2003, p.9) ce n'est pas tant « [...] *la manière dont le projet a rempli nos espérances que la manière dont il les a transformées.* » Les biologistes ont reconnu que les objectifs du projet « Génome humain » n'étaient pas une fin en soi mais l'ouverture pour la biologie d'une nouvelle ère fondée sur l'évolution des conceptions sur le gène, la génétique et sur la signification du projet génomique.

⁵⁹ MORANGE, M. (2004c). Le corps humain, vu du côté des gènes.

⁶⁰ « *Plusieurs chercheurs avaient proposé que, sur les 100 000 gènes humains supposés, plus des deux tiers étaient impliqués dans la formation du cerveau : la connaissance de ces gènes, dont une grande partie serait apparue avec l'être humain, permettrait de comprendre les caractéristiques structurales et fonctionnelles de cet organe. D'autres espéraient que l'organisation même du génome, l'ordre de l'enchaînement des gènes, livrerait la clé de notre spécificité ; la majorité ne savait pas trop ce qu'il fallait espérer, mais s'attendait néanmoins à ce que la séquence nous révèle directement des choses.* » MORANGE, M. (2004c).

Les résultats du projet « Génome humain » constituent un défi critique aux idées familières du déterminisme génétique⁶¹.

Lors de la publication des résultats du séquençage du génome humain en 2001, plusieurs aspects de ces résultats ont créé la surprise.

Le nombre de gène de l'espèce humaine se limite à 30 000, soit à peine plus que le nombre de gènes présents chez la drosophile (13 600) ou encore le nématode (19 100).

Les gènes de l'espèce humaine présentent par ailleurs un caractère très conservé : 99% de parenté chimique entre les gènes de l'homme et ceux des singes hominoïdes. Ainsi, l'homme et des organismes « simples » comme la drosophile et le nématode possèdent des gènes quasiment de même nature.

Le génome humain se distingue plus par l'augmentation de la taille de certaines familles de gènes impliqués dans des fonctions générales que par l'apparition de nouveaux gènes reliés à la spécificité humaine.

Il apparaît alors clairement que la complexité ou la spécificité d'un organisme ne réside pas dans le nombre des gènes⁶² mais plutôt dans les **combinatoires** génomiques⁶³.

Ainsi, si chez l'homme le nombre de gène est faible, le nombre de protéines issues de l'épissage alternatif est très élevé (plusieurs centaines de mille), un nombre qui s'élève encore après les modifications post-traductionnelles. **La connaissance de la séquence du génome se révèle donc insuffisante pour prédire les fonctions précises des régions codantes.** Elle ne permet même pas de prédire ni la protéine codée ni sa structure tridimensionnelle⁶⁴.

La complexité fonctionnelle des gènes est reflétée par les difficultés rencontrées pour annoter les gènes, c'est-à-dire définir leurs caractéristiques fonctionnelles⁶⁵.

Ainsi, les résultats du séquençage qui apportent des éléments structuraux sur les composants macromoléculaires élémentaires se sont révélés insuffisants, contrairement aux attentes portées par le projet « Génome humain », pour comprendre les processus complexes.

⁶¹ « [...] qui ont acquis une emprise si puissante sur l'imagination populaire » Fox Keller, 2003, p.9.

⁶² Morange (2007). *La complexité dans le génome*. <http://cirs.fr/breve.php?id=915>.

⁶³ GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXIe siècle. *Biologie Géologie*, n°2, 321-342.

⁶⁴ Sam Hanash, Université du Michigan (Ann Arbor, Etats-Unis) (déterminisme génétique) : <http://cirs.fr/breve.php?id=297>.

⁶⁵ MORANGE, M. (2001). Un siècle de génétique, Cahiers François Viète, n°2, pp.79-89.

Déjà, après les premiers séquençages d'organismes inférieurs, un appel avait été lancé pour une nouvelle phase de l'analyse génomique : **de structurale elle devait devenir fonctionnelle**. La séquence n'est plus à considérer comme un produit final mais comme un outil (Fox Keller, 2003; Hieter & Boguski, 1997).

Pour Fox Keller (2003) cet appel à une génomique fonctionnelle est la reconnaissance au moins implicite du fait que décoder le message contenu dans la séquence nucléotidique de l'ADN ne permet pas de comprendre le « programme » qui fait d'un organisme ce qu'il est. Il s'agit donc d'opter pour une approche fonctionnelle globale et intégrée des processus.

b. Les pratiques de recherche scientifique en génomique suite à l'affirmation du changement de vision

A la phase structurale succède une phase fonctionnelle : la confirmation d'un changement de vision

Inscription des approches structurales dans une phase fonctionnelle

Ainsi à **une première phase structurale, succède une phase plus fonctionnelle** qui vise à interpréter les données de séquence d'ADN aussi bien pour déterminer les limites physiques des gènes que pour déterminer leur(s) rôle(s) dans l'économie cellulaire (annotation). Il s'agit alors de caractériser les principaux produits des gènes, les protéines, de préciser leur(s) fonction(s)⁶⁶ dans l'ensemble du métabolisme, dans le cadre des interactions cellule-milieu⁶⁷, ou d'élucider les processus complexes que constituent le métabolisme ou le développement aux différents niveaux d'organisation.

⁶⁶ La détermination de la fonction des protéines : elle nécessite de connaître la régulation de leur activité, leurs partenaires, le lieu de leur activité fonctionnelle qui dépend de la cellule (Jacquet, 2001).

⁶⁷ GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXI^e siècle. *Biologie Géologie*, n°2, 321-342.

Cette inscription de pratiques de recherche en génomique dans des projets où les approches structurales et fonctionnelles sont articulées est bien illustrée par le projet de recherche du « Génopole de Toulouse »⁶⁸ sur les animaux⁶⁹.

Ces questions qui se posaient avant le séquençage peuvent en utilisant les données du séquençage faire l'objet d'approches systématiques de plus en plus exhaustives (Jacquet, 2001) : d'objectif, l'approche structurale semble s'affirmer comme un outil de l'approche fonctionnelle (Fox Keller, 2003).

La phase structurale associée au projet « Génome humain » et la phase fonctionnelle ne s'inscrivent pas dans la même vision du vivant

Derrière ce changement d'approche, Morange (2001) identifie un basculement conceptuel rendu nécessaire pour rendre compte des résultats des séquençages.

Ce revirement constitue pour Fox Keller (2003, p.11) une reconnaissance au moins implicite de « [...] l'ampleur du fossé qui existe entre « l'information » génétique et le sens biologique ». Les fonctions précises des régions codantes ne peuvent être prédites par la connaissance de la séquence seule.

Pour Atlan (1999) le projet « Génome humain » constitue l'exploitation maximale de la vision informationnelle, qu'il qualifie de paradigme « du tout génétique ».

Ainsi, en mettant en évidence que la compréhension des processus complexes ne se réduit pas à la description, même exhaustive, des composants macromoléculaires élémentaires, mais nécessite de s'intéresser à l'organisation et au fonctionnement de ces composants, de reconstituer l'ensemble du phénomène, les résultats du projet « Génome humain » ont mis en lumière les faiblesses du **paradigme du tout génétique** et ont constitué un défi critique à ces idées, au lieu de leur apporter un soutien (Atlan, 1999 ; Fox Keller, 2003).

Morange⁷⁰ souligne qu'à l'ombre de ce paradigme dominant, de nombreux résultats de recherche en biologie moléculaire, en génie génétique, en embryologie, en épi-génétique

⁶⁸ <http://www2.toulouse.inra.fr/centre/genomeanimaux.htm>: génome des animaux proposé dans le **document 11** des annexes de la partie III, p.76.

⁶⁹ Etudier les caractéristiques d'animaux se traduit par la convergence **d'approches structurales** pour identifier et positionner des gènes affectant des caractères d'intérêt ici agronomique (cartographie génétique, physique et cytogénétique, cartographie comparée) et **d'approches fonctionnelles** qui visent l'étude plus générale et systématique de l'organisation et du fonctionnement du génome (analyse de l'expression des gènes pour en préciser les conditions ici en fonction du stade de développement) en utilisant les « puces à ADN ». Le développement d'outils mathématiques et informatiques pour stocker, analyser et comparer ces données est également mentionné.

avaient commencé à façonner une nouvelle vision plus complexe du rôle et de la fonction des gènes que celle donnée par la vision informationnelle. Des exemples de ces travaux sont recensés dans le **tableau 27** des annexes de la partie III, p.85.

C'est pourquoi pour Morange, les résultats **du séquençage du « Génome humain »** ont été l'un des révélateurs de ce changement de vision, même s'ils n'en sont ni la cause, ni le moteur.

Cette confirmation d'une vision plus complexe ouvre la voie aux recherches appelées par certains, **post-génomique**, et dont l'objectif est de **comprendre le fonctionnement de manière intégrée**.

Ainsi les succès décevants du projet génome humain ont transformé la signification même des pratiques de recherche en génomique.

Les pratiques de recherche scientifique en génomique (approches structurales) peuvent s'inscrire dans des visions différentes.

Le **tableau 28** des annexes de la partie III (p.98) récapitule les caractéristiques des pratiques de recherche en génomique. Les pratiques de recherche s'inscrivant dans les différentes visions sont distinguées.

⁷⁰ MORANGE, (à paraître).

2. Pratiques de recherche scientifique dont la problématique a été renouvelée par l'utilisation, comme ressource, des résultats et/ou des ressources matérielles des pratiques de recherche en génomique

a. La comparaison des génomes ou la génomique comparée

Les résultats globaux des séquençages de génomes⁷¹ ainsi que les techniques et méthodes de la génomique constituent des outils pour **comparer globalement les génomes** au sein d'une même espèce, entre les espèces afin :

- d'identifier des gènes d'intérêt (biotechnologies), des gènes pathogènes, de susceptibilités, de réparation (microbiologie), mais aussi de nouveaux gènes humains⁷² ;
- d'identifier des similitudes entre espèces et de déterminer par exemple l'ensemble minimal de gènes susceptibles d'entretenir des formes de vie ou génome minimal ;
- d'identifier des différences entre les génomes d'individus ou d'espèces présentant des caractères particuliers afin de comprendre par exemple ce qui sépare d'un point de vue génétique une espèce pathogène d'une non pathogène, d'une espèce ou d'un individu qui possède un caractère d'un ou d'une autre qui ne le possède pas⁷³ .

Ces comparaisons globales de génomes permettent également de retracer l'histoire des gènes, de leur duplication et de leur évolution (Jacquet, 2001).

L'étude des changements de séquence (mutations neutres) permettent de retracer les détails de l'histoire d'une espèce (histoire des migrations humaines et l'origine des peuples) (Jacquet, 2001) ou des filiations évolutives⁷⁴.

D'une façon générale, l'étude de la comparaison des génomes devrait permettre d'accroître les connaissances en matière d'évolution et d'adaptation à l'environnement⁷⁵.

⁷¹ A la fin des années 1990 le génome d'une douzaine d'espèces est ou va être intégralement séquencé et cartographié (Billings & Koliopoulos, 2001).

⁷² Identification de nouveaux gènes : la méthode évolutionnaire : <http://cirs.fr/breve.php?id=857>: utilisation de superordinateurs pour comparer.

⁷³ GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXIe siècle. Biologie Géologie, n°2, 321-342.

⁷⁴ GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXIe siècle. Biologie Géologie, n°2, 321-342 : Grâce à des méthodes standardisées et automatisées, il est possible d'établir le génotypage d'individus divers ou de populations permettant par exemple de retracer des filiations évolutives (intérêt en anthropologie, histoire).

⁷⁵ <http://www.recherche.gouv.fr/recherche/aci/genob.htm> : Action concertée incitative : programme génomique (page consulté le 18/07/2008).

b. La génomique comparée renouvelle les problématiques et objets d'étude d'un certain nombre de pratiques de recherche

Le renouveau parallèle des études sur la biodiversité (taxonomie, systématique (recensement des espèces, études des écosystèmes, micro-organismes émergents)), le suivi de populations humaines (Auffray, 1996), l'évolution de l'espèce, l'histoire des communautés, l'origine de la vie et les mécanismes de spéciation (diversification génétique et sélection), le renouveau également de pratiques de recherche comme la génétique des populations, la microbiologie, les biotechnologies, **peuvent être mis en relation avec les développements de la génomique comparée**⁷⁶. Elle met à disposition des outils (banques de données, techniques de séquençage, bio-informatique) qui permettent une approche globale du génome. Elle ouvre ainsi à ces disciplines de nouvelles perspectives d'études (renouvellement des problématiques et/ou des objets d'étude).

c. Limites des pratiques de recherche centrées sur les approches structurales : exemple des recherches sur la spécificité de la lignée humaine⁷⁷

L'usage des résultats et techniques des pratiques de recherche en génomique comme ressource pour un certain nombre de pratiques de recherche **peut faire craindre, si ces approches structurales ne sont associées à des approches fonctionnelles spécifiques de chacune de ces pratiques** à nouveau une centration sur le génome comme niveau explicatif et donc le retour **d'un réductionnisme à la fois ontologique et épistémologique**⁷⁸.

⁷⁶ AUFFRAY, C. (1996). Le génome humain. Paris : Flammarion collection Dominos.

⁷⁷ MORANGE, M. (2004c). Le corps humain, vu du côté des gènes.

⁷⁸ **Document 10** des annexes de la partie II, p.25 :

le réductionnisme ontologique : « la conviction « philosophique » que tout ce qui se passe au niveau « supérieur » de complexité découle des événements qui se produisent au niveau « inférieur » » ;

le réductionnisme épistémologique : qui vise à expliquer les observations faites dans toutes les autres sciences biologiques en termes moléculaires ;

le réductionnisme méthodologique : qui prétend que l'approche moléculaire est souhaitable car plus efficace que les méthodes globales pour étudier les phénomènes vivants.

Exemple des limites d'une approche uniquement structurale en évolution

La comparaison des génomes de l'homme et du chimpanzé a mis en évidence outre les variations géniques déjà mises en évidence par comparaison de gènes (estimée par hybridation moléculaire) des insertions et des délétions de courtes séquences, des duplications, des réarrangements. La distance génétique entre l'homme et le chimpanzé a été évaluée à 5%. **Le problème est celui de la signification de ces différences résultant d'évènements génétiques.** Pour Morange « *même si les variations génétiques sont bien à l'origine des modifications intervenues à d'autres niveaux d'organisation, leur connaissance ne dispense pas pour autant de celle des modifications intervenues à ces autres niveaux d'organisation de la complexité biologique humaine.* »⁷⁹

Croire que l'étude des gènes et des macromolécules permettrait à elle seule de comprendre l'évolution humaine révèle de la forte tradition réductionniste de la biologie moléculaire.

Par ailleurs, l'évolution est conduite, pour un darwinien, non pas par les variations géniques mais par la sélection naturelle : « *le remplacement d'une forme génique par une nouvelle est bien plus souvent le fruit d'un changement de l'environnement – et donc de la pression de sélection-, que de l'avantage que la nouvelle forme génique apporterait « directement » dans un environnement stable.* »⁸⁰ (Exemple de la bipédie).

Les **tableaux 29.a, 29.b** proposent une caractérisation partielle de différentes pratiques de recherche mobilisant comme ressources matérielles ou intellectuelles, des résultats ou des ressources matérielles de la génomique. Une proposition de caractérisation plus précise est proposée pour les pratiques de recherche en génétique des populations dans le **tableau 31** et pour les pratiques de recherche en évolution dans le **tableau 32**.

Les tableaux 29.a, 29b, 31 et 32 sont dans les annexes de la partie III, p.102, 109 et 112.

⁷⁹ MORANGE, M. (2004c). Le corps humain, vu du côté des gènes.

⁸⁰ MORANGE, M. (2004c). Le corps humain, vu du côté des gènes.

D. La post-génomique : des pratiques de recherche en voie de constitution vers la fin des années 90 qui s'inscrivent dans la nouvelle vision et dont l'émergence est associée au renouveau de nombreuses pratiques de recherche

1. Des pratiques de recherche qui s'inscrivent dans la nouvelle vision du vivant et qui s'accompagnent de besoin en biologie théorique

Le choix d'objets d'étude comme le transcriptome, le protéome, le métabolome ou l'interactome et les modes d'investigation, étude des variations en fonction de différents facteurs (externe ou interne), étude des interactions, nous semble prendre en compte la nouvelle vision de la fonction des gènes.

Les différents niveaux d'organisation sont explicitement pris en compte par exemple dans l'étude du physiome ou dans des études sur l'impact d'une mutation sur tout l'organisme⁸¹.

Ces études visent en effet une appréhension et une compréhension globale et intégrée d'objets globaux dont les variations et les interactions sont étudiées en fonction du temps, des conditions du milieu (de la cellule à l'environnement) en prenant en compte les niveaux d'organisation, l'idée de causalités multiples et la nouvelle vision de la fonction des gènes.

Les méthodologies de la post-génomique qui articulent approches ascendantes et descendantes⁸² sont une réponse aux nouvelles conceptions du fonctionnement des êtres vivants⁸³. Elles s'appuient également sur l'articulation de résultats issus de différentes disciplines.

Ainsi les approches fonctionnelles globales de la post-génomique en dépassant les approches pointillistes et centrée sur le génome, **mettrait fin à un réductionnisme linéaire** et atténueraient le **réductionnisme ontologique**.

⁸¹ **Document 11** des annexes de la partie III, p.76 : Exemples de pratiques de recherche s'inscrivant en post-génomique.

Exemple de l'étude menée par le Génomipole de Strasbourg : Il s'agit d'étudier chez la souris l'effet d'une mutation sur l'ensemble de l'organisme (au niveau cellulaire, tissulaire, organique) afin de caractériser de façon précise le phénotype d'une souris transgénique.

⁸² Voir **document 10** des annexes de la partie II, p.35.

⁸³ MORANGE, M. (2003). Les origines de la vie. Le point de vue d'un historien de la biologie. In Débats sur le vivant, M.C.Maurel & P.A. Miquel (Coord.). P.23-39.

Morange (2006) identifie trois types de besoins en biologie théorique (voir le **tableau 20** des annexes de la partie II, p.57) :

- des besoins pour penser la pluridisciplinarité nécessaire pour le progrès des connaissances ;
- des besoins pour penser ce que recouvre l'idée de chercher une vision globale (recherche de loi, recherche de l'exhaustivité au niveau moléculaire ou recherche d'une vision intégrant l'ensemble des niveaux d'organisation) ;
- des besoins pour penser la temporalité des processus biologiques et ce à différentes échelles (temps moléculaire, temps des interactions, temps de l'évolution).

2. L'affirmation de cette nouvelle vision est corrélée au renouveau de disciplines non centrées sur le niveau moléculaire : la fin d'un certain réductionnisme épistémologique ? (Stewart2004, Gros, 2003)

L'émergence progressive d'une vision systémique, qui replace l'organisme au centre, relance l'intérêt pour les disciplines scientifiques non centrées sur le niveau moléculaire comme l'embryologie, la morphogénétique (étude de la différenciation avec des travaux sur la polarité morphogénétique et l'action des gènes homéotiques), la physiologie, la biologie des organismes⁸⁴ ...

Stewart (2004) appelle de ses vœux la mise en place d'une réelle synergie entre les résultats obtenus pour les différents niveaux d'organisation afin d'avoir une vision intégrée du fonctionnement et combler le fossé entre l'information génétique et le caractère.

Pour Noble (2007), les résultats du projet « Génome humain » redonnent sa place à une biologie des systèmes. Le principe est que « [pour] *chaque niveau de l'organisme, ses différents composants font partie d'un réseau intégré, d'un système. Chacun de ces systèmes a sa logique propre, et il est impossible de comprendre cette logique par la seule étude des propriétés des composants du système* » (Noble, 2007, p.12). Cette biologie des systèmes nécessite de nouvelles procédures aussi rigoureuses que celles du réductionnisme et qui intègrent les résultats du réductionnisme. « *Une intégration réussie au niveau des systèmes doit être fondée sur une « réduction » féconde, mais le seul réductionnisme est loin d'être*

⁸⁴ GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXI^e siècle. *Biologie Géologie*, n°2,,321-342.

suffisant » (Noble, 2007, p.13), il doit être articulé à des approches descendantes (up to bottom ou partant des niveaux d'organisation les plus élevés vers les plus bas)

« En effet, si le génome est important car aucune protéine n'est produite sans être codée par un gène, les molécules au sein des cellules interagissent et se transforment dans le cadre de chaîne complexes d'interactions. L'organisation de ces cellules en tissus, de ces tissus en organes qui associés aux systèmes immunitaires et hormonal constituent l'organisme caractérise différents niveaux d'organisation tous caractérisés par des modalités d'action différentes » (Noble, 2007, p.22).

Ce renouveau des disciplines non centrées sur le niveau moléculaire suggère une **atténuation du réductionnisme épistémologique qui caractérisait le champ de biologie** au cours de la seconde moitié du XXème siècle et une volonté **d'intégration du réductionnisme méthodologique** à d'autres approches centrées sur d'autres niveaux d'organisation.

Le **tableau 30** des annexes de la partie III (p.105) propose une caractérisation des pratiques de recherche en post-génomique.

Les **tableaux 42.a et 42.b** (p.157) proposent une caractérisation de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision : articulation de pratiques de recherche en biologie moléculaire et en physiologie ou en biologie moléculaire et en biologie du développement.

E. Proposition d'enjeux de formation des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique

Nous proposons dans le **tableau 25** (p.183 du manuscrit) différents enjeux de formation associés aux pratiques de recherche en génomique (approches structurales) et en post-génomique.

Tableau 25 : Proposition de différents enjeux de formation pour les pratiques de recherche en génomique (approches structurales) et en post-génomiques (approches structurales et fonctionnelles)

| Enjeux de formation pour les pratiques de recherche scientifique | |
|---|--|
| Enjeux cognitifs et méthodologiques | <p><u>compétences méthodologique et techniques</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ maîtrise des techniques « haut-débit » ; ➤ maîtrise de la bioinformatique : élaboration d'outils ; <p>approches structurales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ maîtrise des techniques de génie génétique, de génétique classique et de biologie moléculaire mobilisées pour le séquençage des génomes ; ➤ maîtrise de la bioinformatique : utilisation, exploitation des bases de données ; <p>approches fonctionnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ capacité à théoriser, à modéliser, à articuler des connaissances et des cadres théoriques issus de disciplines différentes ; ➤ capacité à articuler des approches méthodologiques ascendantes et descendantes ; <p><u>compétences cognitives</u> :</p> <p>approches structurales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ formation sur la structure de l'ADN ; <p>approches fonctionnelles :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ formation pluridisciplinaire donnant une vision complète et intégrée des organismes vivants. |
| Enjeux culturels | <ul style="list-style-type: none"> ➤ image de la science : big science ; ➤ relation des laboratoires avec les entreprises ; ➤ modification du travail du chercheur en termes d'échelle (génomique et post-génomique), ➤ paradigme/ épistémologie/ histoire des sciences. |

| | |
|---|--|
| Enjeux éthiques | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Impact des financements privés sur la recherche ; ➤ impact des développements de la génomique et de la post-génomique sur la société. |
| Enjeux autour des dispositifs de formation | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Formation adressées aux élèves des filières scientifiques (scolaire et universitaire) ; ➤ formation pluridisciplinaire au sein du champ de la biologie (mise en relation de disciplines) à la fois pour les connaissances et les outils ; ➤ assurer l'équipement permettant une formation technique. |

III. Les pratiques de recherche médicale, les pratiques médicales et de production en génomique et en post-génomique

Le tableau 35 des annexes de la partie III (p.120) propose un panorama des pratiques mobilisant comme ressource des résultats, des techniques, des méthodes des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique. Sont regroupées des pratiques de recherche médicale, des pratiques médicales et des pratiques de production en génomique et en post-génomique.

A. Les pratiques de recherche médicale et les pratiques médicales

1. Les pratiques de recherche médicale en génomique et en post-génomique devraient permettre de mieux comprendre les maladies

a. Beaucoup de gènes associés à des pathologies ont été identifiés, reste à comprendre leur(s) fonction(s)

Les approches structurales en permettant de dresser un inventaire exhaustif et précis des gènes humains facilitent l'identification et la localisation des gènes responsables de pathologies (gènes associés à des maladies monogénétiques, comme par exemple la

mucoviscidose, la myopathie de Duchenne, la maladie de Gaucher⁸⁵) ou y prédisposant⁸⁶ (maladies polygénétiques ou polyfactorielles⁸⁷).

Une fois qu'un gène est localisé, reste à le cloner et à déterminer sa séquence, et surtout grâce aux **approches fonctionnelles** à identifier sa ou ses fonction(s). Il s'agit alors de comprendre le rôle de la protéine normale qu'il permet de produire et de comprendre comment les mutations qui affectent ce gène entraînent une dysfonction ou une perte de la protéine correspondante. Il s'agit également de comprendre comment ces altérations participent au mécanisme de développement d'une maladie au niveau de l'organisme en prenant en compte s'il y a lieu les influences environnementales⁸⁸.

Se posent notamment deux problèmes concernant les approches fonctionnelles à visée médicale :

Un problème méthodologique⁸⁹ se pose pour la recherche médicale en génomique et en post-génomique. Il concerne la mise au point de méthodes permettant de comprendre l'impact biologique (aux différents niveaux d'organisation) d'une variation génique et d'en déduire des applications cliniques. Ces difficultés correspondent à celles que nous avons signalées pour les approches fonctionnelles (II-B-2-f, p.165).

Un problème d'organisation de la recherche et de formation des chercheurs :

Cette recherche médicale s'inscrit dans un champ pluridisciplinaire qui nécessite l'intégration des champs cliniques, scientifiques, techniques qui reste à construire. Le succès d'une recherche médicale en génomique et en post-génomique dépend d'efforts de collaboration entre laboratoires de différentes disciplines et entre des chercheurs capables d'intégrer différentes disciplines scientifiques et médicales⁹⁰.

⁸⁵ La plupart des gènes, impliqués dans les maladies génétiques dont les conséquences en termes de santé publique sont les plus sérieuses, sont connus.

⁸⁶ Les gènes de prédisposition sont des gènes qui, en association avec d'autres facteurs de l'environnement et certains modes de vie, tendent, lorsqu'ils sont modifiés, à favoriser le développement d'une maladie.

⁸⁷ Le diabète ou l'artériosclérose sont des maladies auxquelles contribuent de multiples facteurs parmi lesquels une composante génétique et qui interagissent avec les facteurs de l'environnement de façon complexe.

⁸⁸ Site de la fondation de recherche médicale : <http://www.frm.org> consulté en 2007 et site du géoscope : <http://www.genoscope.cns> consulté en 2004

⁸⁹ Raymond B. Penn, Victor E. Ortega and Eugene R. Bleecker . A Roadmap to functional genomics. *Physiol. Genomics* 30: 82-88, 2007.

⁹⁰ Raymond B. Penn, Victor E. Ortega and Eugene R. Bleecker . A Roadmap to functional genomics. *Physiol. Genomics* 30: 82-88, 2007.

Les enjeux associés au développement des pratiques de recherche médicale

Des enjeux scientifiques émergent autour de la compréhension du développement et du fonctionnement de l'organisme humain.

Les enjeux médicaux de ces approches fonctionnelles est de permettre d'ouvrir de nouvelles pistes thérapeutiques ou de proposer des mesures de prévention plus efficaces⁹¹.

Enfin, existent également des enjeux institutionnels associés à l'organisation de la recherche biomédicale en génomique et post-génomique et des enjeux de formation des futurs chercheurs dans ce domaine⁹².

b. Une perspective proche : la constitution de biobanques

Corréler le polymorphisme génétique à la probabilité de survenue d'une maladie génétique

Pour les chercheurs en sciences médicales, le véritable trésor serait de pouvoir combiner les données génétiques de milliers d'individus avec des informations sur l'évolution de leur santé et de leur mode de vie⁹³ (constitution de banques de données génétiques « populationnelles »).

Les biobanques aideraient à identifier la base génétique de certaines affections congénitales, ainsi que de maladies dont le mode de transmission n'est pas clairement héréditaire⁹⁴. Elles apporteraient en outre un éclairage sur les relations entre l'environnement et le risque de développer des maladies particulières

La constitution de ces biobanques se heurtent à des problèmes de mise au point de protocoles rigoureux pour la collecte de données à grande échelle.

⁹¹ **Site du génoscope** : <http://www.genoscope.cns> consulté en 2004.

⁹² Académie des sciences, 1999.

⁹³ Plusieurs projets destinés à relier les données génétiques à d'autres données personnelles sont déjà bien avancés, comme en Islande, Decode Genetics.

En Europe, la UK Biobank espère collecter des échantillons auprès de 500 000 volontaires âgés de 45 à 69 ans et croiser les données génétiques obtenues avec des informations médicales régulièrement mises à jour par le médecin traitant de ces patients. Il s'agit de voir si les effets de facteurs génétiques et environnementaux influent sur le risque de contracter les maladies courantes de l'adulte. Parmi les autres projets d'envergure en cours figurent le Projet estonien sur le génome et le Projet canadien CARTaGENE.

⁹⁴ http://www.observaurocde.org/news/fullstory.php/aid/881/Les_biobanques.html .

Corréler le polymorphisme génétique à la probabilité de résistance à un traitement donné

Les bases de données pourraient également permettre de corréler le polymorphisme individuel avec la sensibilité, voire la résistance à tel ou tel médicament (**pharmaco-génétique**). On pourrait alors envisager de créer des médicaments sur mesure, adaptés aux besoins des patients.

2. Les pratiques « médicales »

Les développements scientifiques de la génomique et de la post-génomique donnent les moyens d'accéder au génome, de le modifier mais ne permettent pas encore de comprendre son fonctionnement. Il existe donc au cœur de ces développements une zone d'incertitude qui en limite la portée et l'usage, ... (Seralini, 2003).

a. Mieux diagnostiquer, mieux prédire, mieux prévenir : importance des tests génétiques

Mise au point de tests génétiques

Autant la mise en œuvre de nouvelles thérapeutiques à partir des connaissances portant sur le génome s'avère longue et difficile, autant l'élaboration de tests diagnostics portant aussi bien sur les maladies mono ou poly génétiques a été rapide (Auffray, 1996 ; Jacquet,2001). En effet, les techniques et méthodes de la génomique utilisées pour identifier et localiser un gène dont la mutation provoque une maladie génétique sont immédiatement employables pour effectuer le diagnostic ou le dépistage de cette maladie et définir les individus par leurs caractéristiques génétiques.

Diagnostiquer ou dépister des maladies

Des tests génétiques permettent de diagnostiquer une maladie héréditaire ou de prédire sa survenue. L'étude du profil d'expression du transcriptome permet d'affiner le diagnostic (caractérisation nosologique, pronostic évolutif)⁹⁵.

Problèmes médicaux et éthiques posés par l'usage des ces tests

Pour Auffray (1996), une vraie réflexion est à mener autour des modalités de passation de ces tests génétiques. Pour lui, ils ne sont à utiliser que dans un cadre médical respectant strictement la confidentialité des données recueillies et à ne proposer qu'une fois que le rapport entre le risque encouru et les bénéfices escomptés a été mesuré. Les résultats sont à réserver à l'individu testé.

Une réflexion sur le moment du diagnostic (avant la naissance, après la naissance, au cours de la vie) et les conséquences différentes qui en découlent (notamment par exemple un avortement thérapeutique) est également à effectuer.

b. La médecine prédictive :

Une perspective...

Le développement de ces tests génétiques ouvre la voie à l'émergence d'une médecine prédictive (Auffray, 1996) qui se définit comme « *le dépistage d'individus sains mais susceptibles de développer une affection déterminée. A contrario, elle permet de dépister les individus non susceptibles ou mêmes protégés par des gènes spécifiques de résistance* »⁹⁶. Située en amont de la prévention, elle vise à détecter des individus qu'il faut surveiller préventivement au regard du risque relatif qu'ils encourent de développer telle ou telle affection (Auffray, 96 ; Dausset, 2001). La quantification du risque relatif associé à la possession de tel ou tel marqueur génétique est établie par comparaison dans chaque population étudiée du nombre de malades porteurs du ou des marqueurs génétiques avec celui des malades ne le portant pas (Dausset, 2001).

⁹⁵ Auffray, 1996 et APBG, 2004.

⁹⁶ Dausset, 2001.

...qui pose des problèmes de coûts et de pertinence

Cette médecine est encore peu développée en raison des coûts toujours prohibitifs des tests, de l'absence de traitement curatif voire même préventif ou de la difficulté pour un individu apparemment sain d'accepter un traitement.

Modification des relations entre médecin et patient

En outre, la médecine prédictive modifie les relations entre médecin et patient, change son statut et celui de sa famille. Le patient est en effet moins considéré comme un individu que comme une unité de population. Par ailleurs, un patient peut modifier des décisions concernant la procréation suite à une consultation en médecine prédictive.

Elle modifie également la pratique du médecin auquel se pose le problème du respect de l'autonomie de l'individu c'est-à-dire de sa liberté de choix⁹⁷.

De nouvelles modalités de pratiques médicales visent à garantir cette liberté au choix de savoir ou pas, par exemple :

- recueillir le plus souvent par écrit l'autorisation du patient avant qu'une étude ne soit menée sur son ADN ;
- déterminer avec le patient l'extension de l'autorisation : autorisation pour un seul test bien défini ou pour une étude plus large voire totale ;
- s'assurer que le patient a une compréhension la plus complète possible des implications de son choix : une simple information ne suffit pas, une explication non restrictive, non directive, la plus claire et la plus complète possible, exprimée dans des termes adaptés à son langage, au niveau de sa culture, et au degré de son entendement est nécessaire ;
- ne faire prendre ces décisions qu'à des individus qui ont la capacité de donner un consentement juridique (sinon parents ou tuteurs prendront la décision) ;
- réserver le droit au patient de prendre connaissance ou pas des résultats des tests génétiques.

⁹⁷ Dausset, 2001.

Problème de la fiabilité de l'évaluation du risque et de la compréhension de la notion de risque par le patient

La médecine prédictive pose par ailleurs problème dans la mesure où il est difficile de chiffrer le risque relatif de survenue d'une maladie et de faire comprendre le résultat au patient.

c. Enjeux spécifiques aux pratiques médicales qui visent à diagnostiquer et à prévenir

Des enjeux technico-scientifiques autour de la mise au point de nouveaux tests et de la quantification des risques associés émergent. Des enjeux de formation scientifique et pratique des médecins à la médecine génétique (test diagnostic et pratique d'une médecine prédictive) sont également à prendre en compte dans la formation des futurs médecins⁹⁸.

d. Mieux soigner : encore largement une perspective

Mieux soigner : un enjeu des approches fonctionnelles

Une meilleure compréhension des mécanismes des maladies monogénétiques ou plurifactorielles comme les cancers, des maladies cardio-vasculaires, neurodégénératives, infectieuses ouvre la perspective d'établir avec précision la cause moléculaire (comme pour la myopathie de Duchenne avec la mise en évidence du gène codant pour la dystrophine⁹⁹), d'identifier de nouvelles cibles thérapeutiques, de concevoir de nouveaux traitements.

Mieux soigner : un enjeu des approches structurales

Le séquençage de nombreux organismes pathogènes offrent de nouvelles perspectives de lutte contre des maladies infectieuses par l'identification des gènes « pathogènes ».

Par ailleurs, la connaissance de l'efficacité des traitements en fonction des profils génétiques des patients permettra à terme d'adapter les traitements en fonction de ces profils (pharmacogénétique) (Jacquet, 2001, Gros, 2003, APBG, 2004).

⁹⁸ Académie des sciences, 1999.

⁹⁹ GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXI^e siècle. *Biologie Géologie*, n°2, 321-342.

Des avancées...

L'identification d'un gène défectueux peut permettre la production par génie génétique (transgénèse) à l'aide de l'ADNc d'une protéine normale (exemple de la synthèse du facteur VIII pour l'hémophilie A).

Mieux soigner : la perspective de la thérapie génique

Enfin, la thérapie génique qui vise à agir sur le génome pour faire produire à l'organisme une protéine d'intérêt thérapeutique ou à inhiber un allèle muté¹⁰⁰ s'affiche comme un horizon encore lointain étant donné les difficultés rencontrées.

Néanmoins, la connaissance des gènes qui permet d'identifier les différents allèles et leurs conséquences ouvre des perspectives d'utilisation pour ces gènes en fonction des propriétés de leurs produits, les protéines, **dans le cadre de ces thérapies géniques** (Jacquet, 2001).

- e. Dimension éthique des pratiques médicales associées à la génomique et à la post-génomique : tension entre un risque de déshumaniser l'homme en le réduisant à ses gènes et une chance de ré-humaniser la médecine**

Humaniser la médecine

Pour Morange (2008), la multiplication des tests biologiques et notamment la connaissance des corrélations entre les caractéristiques génétiques individuelles et l'accroissement des risques face à certaines maladies ou une réponse particulière à certains traitements pharmacologiques, en permettant d'affiner les diagnostics, de personnaliser les pronostics et les traitements permet de rapprocher la maladie vécue et sa description scientifique. Ainsi « *c'est, paradoxalement, de la multiplication des tests biologiques qu'il faut attendre une re-*

¹⁰⁰ <http://www.cirs.fr/breve.php?id=547> : Mise au point d'une technique de neutralisation de gènes facteurs de maladies.

personnalisation de l'acte médical » (Morange, 2008, p.169) car pour « humaniser » la médecine, et donc réduire l'écart entre la connaissance scientifique des pathologies et leur connaissance vécue, il faut notamment prendre en compte la « singularité » de chaque malade.

Promotion d'une vision de l'homme réduite à ses gènes

A contrario, l'usage des tests génétiques risque de promouvoir une vision réductrice de l'homme, au sens où leur usage peut conduire à réduire l'homme à ses gènes et ainsi justifier de nouvelles formes d'inégalités (Auffray, 1996).

Les **tableaux 33 et 34** des annexes de la partie III (p.115 et 118) proposent respectivement une caractérisation des pratiques de recherche médicale et des pratiques médicales relevant des pratiques de génomique et de post-génomique.

B. Caractérisation de pratiques de production industrielle et agricole

1. Pratiques de production industrielle et agricole

Le **tableau 35** des annexes de la partie III (p.120) montre que diverses pratiques de production mobilisent comme ressource des résultats, des techniques, des méthodes des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique. Parmi ces pratiques se trouvent notamment des pratiques de production industrielle dans les secteurs pharmaceutique et agro-alimentaire. Des activités de recherche et de développement ou de production sont citées.

a. Les pratiques de recherche et de développement des pratiques industrielles dans le secteur pharmaceutique permettront à terme ...

...de rationaliser la production de nouvelles molécules (impact sur la recherche et le développement des industries pharmaceutiques)

L'utilisation de banques de séquences et de données d'expression permet de repérer de nouvelles cibles thérapeutiques. Les nouvelles techniques de modélisation de molécules assistée par ordinateur, la conception d'analogues de synthèse de ces molécules, et la conception de tests de sélection à haut débit de ces nombreux analogues permettent de passer au "crible" de l'efficacité thérapeutique sur une cible donnée de très nombreuses molécules candidates en un temps record¹⁰¹.

La connaissance des structures de cibles biologiques d'intérêt médical stimule la recherche de nouveaux médicaments (Jacquet, 2001).

...d'augmenter l'efficacité des médicaments et de diminuer les risques « toxiques » (pratiques de recherche et de développement de médicaments)

La pharmacogénétique vise à adapter les médicaments à la variabilité individuelle de chacun : le polymorphisme d'un individu déterminé par génotypage est corrélé avec la sensibilité, la toxicité, la résistance à différents types de médicaments ou avec la probabilité de développer telle ou telle maladie.

¹⁰¹http://www.frm.org/informez/info_ressources_dossiers_article_chapitre.php?id=22&type=10&numeroChapitre=1&act=Génétique (partie 1) (lien maintenant inactif) juillet 1997.

b. Les pratiques de production industrielle s'appuyant sur la transgénèse

Les pratiques de recherche en génomique permettent l'identification de nouveaux gènes d'intérêt utilisables pour la transgénèse (notamment par comparaison et croisement de banques de données).

Le champ d'application de la transgénèse dans les pratiques de production industrielle ou agricole est large : fabrication de médicaments par les bactéries, les plantes ou les animaux (jacquet, 2001), mais aussi construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) présentant des caractères intéressants du point de vue agricole.

Ainsi en agro-alimentaire, l'identification de nouveaux gènes d'intérêt agronomique permet de produire par transgénèse des OGM qui améliorent les variétés de plantes cultivées.

c. Des perspectives pour les pratiques de production industrielle

Les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique permettent ou permettront de comprendre le mode d'action des pesticides, fongicides ou herbicides au niveau des cibles génétiques.

Par exemple en agro-chimie, l'enjeu d'une meilleure connaissance des modes d'action au niveau des cibles génétiques des pesticides, fongicides ou herbicides est une utilisation plus rationnelle, moins extensive et donc moins polluante de ces produits.

2. Résultats des pratiques de production et des pratiques médicales et de recherche médicales s'appuyant sur les résultats et ressources des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique

Les résultats actuels des développements biotechnologiques, médicaux et industriels de la génomique et de la post-génomique restent mitigés d'après Seralini (2003). Ainsi par exemple, les risques sur les OGM obtenus par transgénèse sont mal évalués et la thérapie génique est aléatoire.

Des pratiques qui obtiennent des résultats sur un fond scientifique incertain

Une analyse des résultats ou perspectives de résultats des pratiques médicales et industrielles à la lumière de la nouvelle vision du vivant conduit Séralini (2003) à questionner leur pertinence : une prédisposition à une maladie est-elle détectable par un gène ? « La résistance à la sécheresse », est-il un caractère dont nous connaissons les bases génétiques ? La prévention génétique est-elle possible ? Les gènes sont-ils tous actifs ? Leur rôle ne dépend –il pas du milieu ? Avons-nous identifié tous les gènes ? Comment les gènes évoluent-ils au cours de notre vie ? Quels sont les effets de la pollution ? Créons-nous une pollution génétique ?

Par exemple concernant la thérapie génique, les incertitudes sur le rôle de l'environnement génomique, cellulaire et extracellulaire, sur les gènes et leur expression interrogent la pertinence actuelle des investissements dans ce domaine.

Le **tableau 36** des annexes de la partie III (p.141) propose une caractérisation partielle des pratiques de production industrielle et agricole relevant des pratiques de génomique et de post-génomique.

C. Exemple d'autres pratiques renouvelées par les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique : les pratiques judiciaires ou historiques

La comparaison des données génétiques permet d'identifier un individu, d'établir des filiations. Un des problèmes associé à ces pratiques est la fiabilité de l'identification ou celle des filiations établies. Le risque d'erreur aussi bien lors des procédures expérimentales ou d'interprétation des résultats d'identification à partir de données génétiques nécessite de contrôler la qualité des laboratoires, d'établir des probabilités (probabilité que les empreintes génétiques de deux individus soient semblables par comparaison à la fréquence observée dans des populations de référence).

Les questions éthiques associées (risques de discrimination et de stigmatisation des personnes sur la base du génotypage) seront abordées dans le IV (p.198).

Une caractérisation partielle de ces pratiques est proposée dans le **tableau 37** des annexes de la partie III (p.143).

D. Enjeux économiques des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique

Des enjeux économiques potentiellement colossaux

Les enjeux économiques de ces pratiques sont potentiellement colossaux car ils touchent tous les domaines de notre vie : détection des maladies génétiques, production de molécules d'intérêt pharmaceutique, thérapies géniques, OGM, mise en place de banques de données biologiques, judiciaires, etc., dépôts de brevets sur des gènes et donc sur des matières premières de notre alimentation, etc... (Séralini, 2003 ; Edelstein, 2002).

Des financements mixtes pour la recherche publique

Par ailleurs le développement de ces pratiques passe par une étroite interaction entre la recherche fondamentale et l'industrie (Auffray, 1996).

Des sociétés pharmaceutiques financent souvent les organismes publics de recherche en génomique et en post-génomique (en raison du coût élevé de ces recherches malgré les économies d'échelle réalisées) en échange notamment d'une priorité sur la valorisation des résultats de la recherche (transformation des découvertes fondamentales et des innovations techniques en applications pratiques, utiles pour la santé). Ce financement mixte de la recherche fondamentale questionne le champ scientifique du point de vue de l'indépendance des politiques de recherche mises en œuvre.

E. Quelques enjeux de formation pour les pratiques de recherche médicale, les pratiques médicales et les pratiques de production industrielle et agricole

Nous proposons dans le **tableau 26** différents enjeux de formation associés aux pratiques de recherche médicale, aux pratiques médicales et aux pratiques de production industrielle et agricole.

Tableau 26 : Proposition de différents enjeux de formation pour les pratiques de recherche médicales, les pratiques médicale et les pratiques de production industrielle et agricole

| Enjeux de formation pour les pratiques de recherche médicale, les pratiques médicales et les pratiques de production industrielle et agricole | |
|--|---|
| Enjeux cognitifs et méthodologiques | <p><u>Compétences cognitives, techniques et méthodologiques</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ intégration dans les formations médicales, industrielles, ... des résultats, des techniques des méthodologies des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique ; ➤ inscription de ces formations dans la nouvelle vision ; ➤ acquisition d'une formation pluridisciplinaire (génomique, post-génomique, clinique, pharmaco-génétique, génie génétique (transgénèse), bio-informatique, etc...) ; <p><u>compétence du praticien :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ formation à la pratique d'un nouveau type de médecine, la médecine prédictive (notamment concernant les relations médecin patient). |
| Enjeux de formation éthique | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Ethique du médecin pour la pratique de la médecine prédictive ; ➤ Ethique pour la constitution et l'usage des bio-banques ; ➤ Ethique des industriels et des laboratoires (par exemple par rapport à l'innocuité des produits mis sur le marché (OGM ?), l'établissement de la fiabilité des résultats de tests, etc...). |
| Enjeux culturels | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Faire évoluer l'image de la science. |
| dispositifs de formation | <ul style="list-style-type: none"> ➤ <u>Formation initiale</u> (scolaire et universitaire) : mettre en place des formations pluridisciplinaires, former à la pratique de la médecine prédictive, etc... ; |

| | |
|--|---|
| | <p>➤ <u>Formation continue</u> : assurer des formations permettant des interactions entre les mondes médical, pharmaceutique et scientifique par exemple.</p> |
|--|---|

IV. Les pratiques citoyennes : mise en débat de l'impact sur la société des pratiques de recherche, des pratiques médicales et des pratiques de production industrielle et agricole

A. Caractérisation des pratiques citoyennes

Les caractéristiques retenues au terme de la partie II pour caractériser les pratiques citoyennes (**tableau 20** de la partie II, p.137) sont les finalités, les rapports entre science, public, état, le rôle des individus-citoyens, les questions mises en débat et leurs différentes dimensions, les ressources matérielles et intellectuelles mises en œuvre.

1. Les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique, des pratiques présentes dans la société qui questionnent

Les développements des pratiques de recherche, des pratiques médicales et des pratiques de production industrielle et agricole relevant de la génomique et de la post-génomique entrent dans notre vie quotidienne sous forme de produits alimentaires, de médicaments, de tests, de nouvelles pratiques médicales. Ils ouvrent, comme par exemple pour la thérapie génique ou pour les OGM, de nouvelles perspectives pleines de promesses et d'appréhensions. Ces perspectives nous conduisent à réfléchir sur ce que nous sommes en tant qu'êtres humains et nous placent devant de nouvelles responsabilités.

Nous sommes susceptibles de connaître notre génome (séquençage, tests génétiques), d'étudier les génomes des populations humaines, de modifier le génome d'êtres vivants par transgénèse ou de pérenniser un génome par clonage.

Mais le décalage entre la réalité actuelle des résultats de ces pratiques et les annonces faites font craindre à Séralini (2003) des réactions de rejet et de méfiance.

Ainsi le caractère incertain de l'efficacité des OGM de leur impact sur l'environnement, ou encore de l'efficacité clinique de la thérapie génique nourrit-il espoir et méfiance.

2. Rapports entre ces pratiques, l'état français et les citoyens

Face au progrès et aux questions qu'il suscite, une réponse étatique, notamment pédagogique, dans les années 80 et l'émergence d'une mobilisation citoyenne dans les années 90

Après 1968, une nouvelle génération de chercheurs questionne et politise la science en lui refusant toute prétention à un point de vue supérieur et neutre sur le monde. La linéarité de la relation entre technologie, croissance et bien-être est critiquée et certaines questions « techniques » commencent à être construites dans l'espace public comme enjeux de société. Dans les années 1980, les décideurs politiques français attribuent la distanciation du public vis-à-vis du progrès à un déficit de connaissances scientifiques. Un cadrage pédagogique des relations sciences et société est mis en place. L'état s'engage, selon une approche linéaire descendante, dans une entreprise de diffusion de la culture scientifique, technique et industrielle vers le public (Bonneuil, 2004)¹⁰². Cette orientation est particulièrement affirmée dans la présentation des nouveaux programmes de collège de 1985 par Jean-Pierre Chevènement, alors ministre de l'Education Nationale.

« [...] *Le paradigme de la lutte de l'antiscience par la culture scientifique s'appuyait sur une analyse erronée en ce qu'il situait la source des résistances au progrès dans un déficit de connaissance plutôt que dans un désir de participation* » (Bonneuil, 2004, p.24).

Dans les années 1990 avec la mondialisation, le pilotage d'une part croissante de la recherche par le marché, le déclin de l'état, l'irruption de la question du risque qui interroge à nouveau

¹⁰² Dans un essai de synthèse (**tableau 38** des annexes de la partie III, p.144) une caractérisation des différentes périodes du point de vue des relations sciences, état et société est proposé par Bonneuil (2004). Pour les transformations des rapports entre sciences, état et société en France depuis la seconde guerre mondiale, Bonneuil (2004) identifie quatre périodes dont les principales caractéristiques ont été reportées dans le **tableau 38**. Il rappelle que la simplification visant à distinguer sciences et société si elle permet de mettre en évidence des types de relation, ne doit pas faire oublier que la science est une activité sociale. Son propos se limite par ailleurs aux sciences dont les activités de recherche sont relatives au monde biologique et physique.

Quatre périodes sont distinguées à partir des évolutions d'un ensemble de facteurs :

- les rapports sciences et état ;
- les rapports entre recherche, innovation et marché ;
- les rapports entre science, expertise et décision ;
- l'espace public de la science et des innovations ;
- le statut social et les formes d'engagement public des chercheurs.

le progrès et l'élévation du niveau scolaire, ce désir de participation des citoyens va se concrétiser sous forme de mobilisation et d'initiatives citoyennes (Bonneuil, 2004).

Les développements des pratiques technoscientifiques aux conséquences incertaines, comme les OGM, font l'objet de mobilisations.

Ainsi l'expertise se démocratise : d'autres groupes que les scientifiques « *revendiquent la vérité sur le monde et la prétention de configurer son avenir* » (Larochelle & Desautels, 2006).

3. Les sciences participent à l'édification de notre monde commun

Les résultats des travaux menés en sociologie des sciences¹⁰³ caractérisent les sciences et les technosciences « *non seulement [comme] des produits de la société, des pratiques sociales, mais également des productrices de société ce qui légitime la revendication des citoyens de vouloir faire de la science l'affaire de tous* » (Larochelle & Desautels, 2006).

Les développements des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique sont donc conceptualisés comme des pratiques sociales scientifiques, médicales, industrielles qui contribuent à produire la société dans la mesure où elles contribuent « *à redéfinir les relations que nous décidons d'entretenir avec les humains et les non humains, localement et globalement* » (Larochelle & Desautels, 2006).

Un monde avec ou sans gène, essence de la vie, avec ou sans OGM, avec ou sans banques de données n'est pas le même.

Ces pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique constituent donc des objets légitimes de débat en démocratie.

¹⁰³ Eléments de sociologie des sciences (Larochelle & Desautels, 2006) :

Ont été mis en évidence, la difficulté de la réplique d'expérience (savoir implicite du local) la contingence des expériences scientifiques qui convoque une vaste réseau scientifique, la coproduction par divers acteurs de savoirs en interaction, la redéfinition par la circulation des ressources discursives et matérielles des limites d'un laboratoire. Ainsi, l'impression d'universalité liée aux savoirs scientifiques tenait au fait que les scientifiques contribuent à la construction et au maintien de réseaux d'acteurs : plus le réseau est étendu, plus le savoir sera général plutôt qu'universel. Ce réseau permet la reproduction et la mobilisation de ce savoir en des lieux différents.

4. Exemples de mode d'organisation de l'action citoyenne

De nouveaux espaces sociaux

Larochelle et Desautels (2006) notent l'apparition de nouveaux espaces sociaux où les questions ou controverses sociotechniques sont prises en charge (expériences de forums hybrides par exemple). Pour eux, la participation des citoyens à l'orientation de la politique scientifique présente toujours un caractère collectif, distribué et contribue à enrichir la vie démocratique.

Mise en place, en France, de comité d'éthiques à différents échelons

Pour Auffray (1996) à partir des années 1970, les avancées de la médecine dans les domaines de la transplantation d'organes, de la procréation médicalement assistée et de la génétique ont généré de vifs débats dans la société. Initialement relevant des milieux scientifiques ou médicaux, ces questions sont devenues l'affaire de tous : citoyens, scientifiques, médecins, philosophes, religieux, politiques, industriels, juristes. Les associations de malades et les organisations professionnelles se sont également impliquées dans ces débats. Des comités d'éthique dans les hôpitaux au niveau local, régional ont été créés. En 1983, la création du comité consultatif national d'éthique pour les sciences de la vie et de la santé constitue, pour Auffray (1996), une étape importante dans la structuration au niveau national de ce mouvement, qui a abouti, en 1994, à l'adoption par le parlement de lois de bioéthique.

5. Importance de la bioéthique

La bioéthique « [...] est un domaine qui va s'avérer d'une importance capitale pour un développement harmonieux des sciences biologiques et de leurs applications dans une société

qui se veut démocratique et où il importe de préparer, par l'éducation, des citoyens responsables, à même de porter ne fut-ce qu'un jugement d'ensemble sur les conséquences de ces sciences, et qui puissent contribuer de ce fait à opérer des choix »¹⁰⁴.

La bioéthique permet de renforcer la prise de conscience des responsabilités de la société concernant par exemple le respect de la dignité humaine ou la place et le rôle de l'homme dans la nature.

« Il faut repenser le problème de nos rapports à la Nature et établir des règles de bioéthique qui tiennent compte de notre passé culturel mais aussi de notre avenir » (Jacquet, 2001 p.9).

6. Prise en compte de l'éthique pour répondre à ces questions

Pour Mattei (2001), face à ces situations inédites nées, entre autres, des développements de pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique, chacun d'entre nous doit élaborer une éthique individuelle qu'il définit comme la recherche de solutions conformes avec l'idée que chacun se fait de l'être humain et qui nécessite un dialogue avec sa conscience autour de ses repères philosophiques, moraux et religieux.

Ces choix individuels ont des conséquences sur l'autre et le futur (dimension d'altérité et de temporalité) qui induisent une responsabilité.

Ainsi *« à l'éthique de conviction personnelle s'ajoute l'éthique de responsabilité qui conduit à définir les règles communes permettant de vivre ensemble et d'assurer notre existence sociale »¹⁰⁵.*

Enjeux

Il existe donc un enjeu de formation à la bioéthique. Un autre enjeu du point de vue de l'éthique est la promotion de la création de comités d'éthique indépendants, pluridisciplinaires et la possibilité de mettre en place un débat ouvert sur le plan international.

¹⁰⁴ GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXI^e siècle. *Biologie Géologie*, n°2, p.341.

¹⁰⁵ Mattei, 2001.

L'Unesco, un acteur international

Alors que le projet génome humain était en voie d'élaboration, l'Unesco, en 1988, s'est associé à son élaboration avec le souci d'assurer la participation des pays en voie de développement par le biais de la formation et de l'éducation.

En 1993, un comité international de bioéthique est institué. Sa mission est d'élaborer un instrument juridique international de référence pour assurer la protection du génome humain tout en veillant au respect de la dignité de la personne humaine.

Une déclaration universelle des droits de l'homme reconnaît en 1997 le génome humain comme « patrimoine commun de l'humanité »¹⁰⁶.

Cette déclaration permet de fixer un cadre universel pour le développement des thérapeutiques et des diagnostics génétiques dans le respect de la dignité des individus et des générations futures.

B. Les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique, sources de nouvelles questions

Si nous mettons davantage l'accent sur les questions, il est néanmoins à noter que ces pratiques ont apporté des résultats importants du point de vue de la société : la confirmation par la comparaison des génomes de l'absence de fondement génétique des races humaines¹⁰⁷.

Les questions sociétales soulevées par les développements des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique sont nombreuses. Nous proposons dans le **tableau 27**¹⁰⁸ (p.204 du manuscrit) un recensement des questions les plus fréquentes.

¹⁰⁶ La déclaration est adoptée le 11 novembre 1997 par l'UNESCO et l'année suivante par l'Assemblée générale des Nations Unies.

¹⁰⁷ Cartographie du génome humain : <http://www.cirs.fr/breve.php?id=334>. Les êtres humains ont en commun 99.99% de leur information génétique. Les variations ne portent que sur 0.01% du génome. Par ailleurs des personnes appartenant à des groupes « raciaux » différents peuvent présenter plus de ressemblances entre elles qu'avec des personnes issues du même groupe.

¹⁰⁸ Ce tableau est une synthèse élaborée à partir de différentes sources : Gros, 2003, Lacadena, 2001, Mattei, 2001 ; Reflexion de l'unesco sur les données génétiques (http://portal.unesco.org/fr/ev.php-URL_ID=13155&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html); craintes par rapport aux biobanques (http://www.observaurocde.org/news/fullstory.php/aid/881/Les_biobanques.html)

Tableau 27 : Recensement des questions les plus fréquentes soulevées par les développements des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique

| Type de question | explicitation |
|---|--|
| Question autour de la vision de l'homme | Ces pratiques ne risquent-elles pas de promouvoir une vision réductrice de l'homme ? |
| Question autour du développement d'une médecine à plusieurs vitesses sur le plan national ou international | <p>égalité des chances d'accès aux services génétiques (préférence à ceux qui présentent de gros risques génétiques)</p> <p>exploitation des ressources génétiques et des résultats des recherches sur le génome risque d'aggraver le fossé entre les pays du nord et ceux du sud</p> <p>⇒ Nécessité d'inventer des mécanismes permettant d'assurer un partage équitable des richesses et inverser le flux au profit des plus démunis ;</p> <p>⇒ garantir un libre accès aux connaissances</p> <p>⇒ déclarer le génome patrimoine commun de l'humanité et inscrire les connaissances fondamentales sur les génomes au Patrimoine mondial. L'Unesco contribuerait à la promotion du respect de la dignité de tous les êtres humains et pourrait éviter une guerre des gènes inutile et coûteuse ;</p> <p>⇒ le développement d'une médecine à plusieurs vitesses : <u>dans les pays industrialisés</u>, la médecine génétique pourrait contribuer à la diminution des dépenses de santé ; <u>Dans les pays en voie ces développement</u>, le développement d'une médecine génétique se heurte à un double obstacle : la nature infectieuse et parasitaire des pathologies et l'absence d'un système de santé avec des infrastructures, d'un personnel qualifié et de ressources nécessaires pour mettre en œuvre cette médecine génétique.</p> |
| | |

| | |
|--|---|
| Questions autour des OGM et plus généralement de la transgénèse | les OGM et la biodiversité les OGM et les brevets Questions autour de l'appropriation du vivant, (les plantes, les animaux à valeur nutritive, le corps humain sont des biens communs ; les relations Nord-Sud) |
| Question autour de la valeur juridique des « gènes » ? | Discrimination négative : repérage de « gènes » causes de comportements asociaux valeur de l'identification dans le cadre de recherche en paternité, ou de procédures judiciaires statut juridique de cette identification : est-elle acceptée ou rejetée comme élément de preuve à charge ou à décharge ? |
| Autour des brevets | commercialisation de ce qui est considéré comme un patrimoine commun de l'humanité Obstacles ou stimulation de la recherche |
| <u>Caractéristiques des données génétiques :</u> Elles n'évoluent pas au cours d'une vie et ont une éventuelle valeur prédictive. Par ailleurs l'existence de grandes collections d'ADN accompagnées de renseignements personnels et la perspective de jumelage avec d'autres banques d'information impliquent le risque d'une atteinte potentielle à la liberté et à la dignité humaine. Ce risque guette aussi bien les individus que les sous-populations ou les populations. | |
| génotypage des populations | risque d'apporter des arguments à des démarches inspirées de l'eugénisme. |
| autour des tests prédictifs : diagnostic médical, prévention de maladie | risque d'apporter des arguments à des démarches inspirées de l'eugénisme. quels tests génétiques faut-il adopter et rembourser ? Faut-il définir des normes de qualité compatibles à l'échelle internationale ? sur qui faut-il les pratiquer ? Dépistage génétique massif volontaire ou obligatoire (au niveau de populations étendues) mais obligatoire uniquement lorsqu'il existe un traitement clinique disponible pour l'ensemble de la population. comment interpréter ces résultats alors que le savoir sur les gènes est |

| | |
|---|---|
| | <p>loin d'être complet ?</p> <p>la surinterprétation étant aussi dangereuse que l'ignorance.</p> |
| | <p>Comment protéger la vie privée contre l'intrusion de tiers ?</p> <p>Etablissement de normes juridiques efficaces qui empêchent la discrimination des travailleurs à l'embauche et les répercussions de l'information génétique sur les primes d'assurance vie ou d'assurance maladie</p> <p>type d'atteinte : vie privée, violation de confidentialité.</p> |
| | <p>Comment gérer et normer la confidentialité ?</p> <p>Dilemmes sur la révélation des données génétiques : à qui et comment ?</p> |
| | <p>Droit ou obligation pour les autres membres de la famille d'avoir accès à ces données</p> <p>Les résultats contiennent des informations sur le donneur mais également sur les autres membres de sa famille :</p> <p>comment gérer le cas où le patient refuse de communiquer à d'autres membres de sa famille susceptibles d'être atteints.</p> |
| | <p>Intérêt d'un test en fonction de l'existence ou pas d'une thérapie ; en fonction du moment du test (diagnostics pré-implantatoires).</p> <p>Indications du diagnostic prénatal uniquement quand la vie du fœtus est en jeu.</p> |
| | <p>Droit à l'avortement en respectant le choix des parents soit d'avorter soit de poursuivre la grossesse avec un fœtus anormal.</p> |
| <p>Autour des prélèvements réalisés chez un patient (test génétique, génotypage, etc...)</p> | <p>Comment gérer l'impact psychologique sur la personne dépistée de cette nouvelle information sur elle-même : connaître ses risques de maladies.</p> |
| | <p>Choix de pouvoir faire ou pas le test (prive les chercheurs d'informations intéressantes).</p> |
| | <p>Comment séparer les données génétiques des données personnelles ?</p> |
| | <p>Comment être sûr que le consentement du patient est libre ? comment être sûr qu'il est éclairé sur l'utilisation des échantillons prélevés (usage pour la recherche, usage à des fins thérapeutiques) ?</p> <p>Lors de la constitution des bases de données, les utilisations futures</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>ne sont pas déterminées : le consentement ne vaut que pour la collecte le stockage et l'utilisation initialement envisagée, il ne vaut pas pour les utilisations ultérieures.</p> <p>Faut-il demander à chaque fois le consentement (procédure coûteuse et difficile qui peut constituer un frein à la recherche mais qui est conforme au droit et à l'éthique) ou considérer le consentement comme large ?</p> |
| | <p>Quel usage peut-on faire de ces substances : contribuer à la constitution d'une banque de données, élaborer des tests, des thérapies ?</p> |
| | <p>Qui est le propriétaire de ces substances ?</p> <p>A-t-on le droit et qui a le droit de déposer un brevet, d'utiliser et d'exploiter ces données pour produire des biens et des services marchands (débat autour de la commercialisation, et les bénéfices) ?</p> |

C. Exemple de la caractérisation de pratiques citoyennes autour des questions touchant à la transgénèse

1. Définir les pratiques en question

Le **tableau 28**¹⁰⁹ caractérise les finalités et les ressources matérielles et intellectuelles de pratiques associées à la transgénèse.

¹⁰⁹ Les **tableaux 28, 29 et 30** ont été établis à partir de l'analyse d'informations issues de sites internet consultés en juin 2008 et de Simmoneaux (2006) :

Site de l'INRA : <http://www.inra.fr/internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/ogm.html> Site de

l'INRP : <http://www.inrp.fr/Access/biotic/biomol>

Site de l'observatoire de la génétique :

http://www.ircm.qc.ca/bioethique/obsenetique/cadrages/cadr2006/c_no25_06/c_no2

Site de du gouvernement québécois :

http://www.ogm.gouv.qc.ca/envi_biodiversite.html

http://www.ogm.gouv.qc.ca/info_historique.html

http://www.ogm.gouv.qc.ca/info_transfert.html

http://www.ogm.gouv.qc.ca/info_quoi.html

Site infogm : <http://www.infogm.org/spip.php?mot20>

Tableau 28 : Caractérisation partielle de pratiques associées à la transgénèse

| Caractérisation des pratiques associées à la transgénèse | |
|---|--|
| <p>La transgénèse consiste à transférer un gène d'un organisme à un autre et le faire s'exprimer. Elle peut consister en l'addition d'un gène étranger, le transgène, ou le remplacement d'un gène par recombinaison homologue.</p> | |
| <p>Finalités de différentes pratiques incluant la transgénèse :</p> | <p>Pratiques scientifiques : elles contribuent à la compréhension du fonctionnement du vivant</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ étude du rôle et de la régulation d'un gène ○ comprendre le fonctionnement des plantes (site de l'INRA) ; ○ modèle de maladies génétique. <p>Pratiques de production dans l'agro-alimentaire : elles contribuent à améliorer les plantes cultivées (INRA) :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ralentissement du mûrissement de la tomate ; ○ tolérance à un herbicide (maïs, soja, coton, betterave sucrière) ; ○ plante sécrétant une toxine insecticide (maïs Bt). <p>Pratiques de production dans le secteur pharmaceutique : contribue à produire des protéines difficiles à synthétiser in vitro</p> <p>Pratiques de production industrielle et agricole : production de matières premières à destination de l'industrie</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Exemple de peupliers possédant un taux de lignine moindre ce qui facilite le processus de fabrication de la pâte à papier, permet une l'utilisation de moins de produits chimiques et permet également la fabrication de bioéthanol. |
| <p>Ressources matérielles et intellectuelles</p> | <p>Le génie génétique permet :</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'introduire un gène dans une cellule ; - de supprimer ou de modifier l'expression d'un gène de la cellule. <p>Lien de complémentarité avec les méthodes de sélection : la transgénèse permet l'introduction rapide et précise d'un caractère. Elle donne accès à un plus grand nombre de gènes, notamment des gènes n'appartenant pas à l'espèce.</p> |

2. Les organismes génétiquement modifiés (OGM) : définition et caractérisation des techniques et méthodes d'obtention

Le **tableau 29** caractérise les pratiques de production d'OGM

Tableau 29 : Caractérisation partielle des pratiques de production d'OGM

| Les pratiques de production d'OGM | |
|---|--|
| Définitions des OGM | <ul style="list-style-type: none"> - organisme vivant dont le génome a été modifié par génie génétique. Toutes les cellules de cet organisme possèdent le gène étranger. La modification génétique est transmissible à la descendance (INRA) ; - si toutes les cellules de l'organisme ne possèdent pas le transgène, il s'agit d'une chimère (INRP) ; - organisme dont le patrimoine a été modifié par génie génétique, soit pour accentuer certaines de ses caractéristiques ou lui en donner de nouvelles considérées comme désirables, soit au contraire pour atténuer, voire éliminer certaines caractéristiques considérées comme indésirables (commission de l'éthique du Québec) - « <i>un organisme, à l'exception des êtres humains, dont le matériel génétique a été modifié d'une manière qui ne s'effectue pas naturellement par multiplication et/ou recombinaison naturelle</i> » Encyclopedia Universalis. |
| Ressources techniques et méthodologiques | <p>types de gène introduit</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gène de résistance aux insectes ; - Gène de résistance aux herbicides ; - Gène de stérilité mâle (code pour une ribonucléase qui s'oppose à l'expression des molécules d'acide ribonucléiques nécessaires à la fécondité, ne s'exprime que dans les grains de pollen) ; - Gènes anti sens ou sens bloquant l'expression d'autres gènes (cf. la pomme de terre dont l'expression de la synthétase est limitée) - Gène modifiant le fonctionnement de l'organisme : une enzyme qui intervient dans la maturation des fruits ; - Gène de protéine d'intérêt pharmaceutique ; - Gènes d'intérêt esthétique (poisson zèbre fluorescent) ; - une substance qui bloque la multiplication d'un virus qui donne une résistance à une maladie. <p>origine du gène introduit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - végétale - animale - bactérienne |

| | |
|----------------------|--|
| | <p>type d'organismes modifiés</p> <ul style="list-style-type: none"> - bactéries ; - végétaux : plantes cultivées (soja, maïs, coton, tabac, ...) ; - animaux : souris en laboratoire, plus généralement des mammifères. <p>type de gène marqueur :</p> <p>Le gène marqueur est un artifice technique permettant d'identifier et de trier les cellules dans lesquelles la construction génétique a été introduite et celles où elle ne l'a pas été.</p> <ul style="list-style-type: none"> - gène résistant à un antibiotique (kanamycine/ néomycine, ampicilline, streptomycine) : interdit depuis 2005 - méthode d'excision de ces cassettes de gènes de résistance (pour être sûr qu'elles n'interfèrent pas avec le phénotype observé) ; - système binaire avec deux plasmides (cassette de gènes d'intérêt et cassette de gènes marqueurs). <p>Technique de transgénèse pour construire des OGM:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- identification d'un caractère et de la protéine responsable de ce caractère (INRA/ INRP) dans un organisme vivant ; 2- identification et isolement du gène codant cette protéine (INRA) ; 3- réalisation d'une construction génétique (INRA) et multiplication, amplification ; 4- introduction de la construction génétique dans le génome par (différentes catégorisations) <ol style="list-style-type: none"> a. <u>chez les bactéries</u> : <ol style="list-style-type: none"> i. transformation sans intégration dans l'ADN chromosomique (modification des plasmides)/ problème d'instabilité ; ii. transformation avec intégration dans l'ADN chromosomique (épisodes, transposons) ; b. <u>chez les végétaux par deux méthodes principales</u> (INRA/ INRP): <ol style="list-style-type: none"> i. transfert biologique ou transfert indirect par un vecteur : <i>Agrobacterium tumefaciens</i> ; ii. transfert direct ; c. <u>chez les animaux</u> : <ol style="list-style-type: none"> i. par micro-injection de gènes dans le noyau de cellules en culture (cellule œuf de lapin, souris, porc, ...) ; ii. le transfert de gènes par l'intermédiaire de cellules embryonnaires (obtention d'un animal chimère) ; iii. perspective : le transfert de gènes dans les gamètes 5- sélection de cellules exprimant le gène ajouté <p>régénération d'un organisme entier à partir de ces cellules</p> |
| % de réussite | Rarement indiqué |

3. Impacts des OGM en termes de risques et d'avantages

Fondée en partie sur l'histoire et la culture, les controverses entre les différents types d'acteurs rapportées par les médias alimentent les inquiétudes de la société.

Le **tableau 30** caractérise différents impacts des pratiques de production d'OGM en termes de risques et d'avantages.

Tableau 30 : Différents impacts des pratiques de production des OGM en termes de risques et d'avantages

| Impacts des pratiques de production des OGM et questions de société | |
|--|---|
| Impacts des OGM au niveau environnemental et risques potentiels | <ul style="list-style-type: none"> ➤ dissémination des gènes introduits par le pollen / risque de pollinisation croisée par dissémination des pollens : flux de gènes et dissémination des gènes de tolérance aux herbicides ➤ risque de sélection de populations d'insectes résistants : risque d'apparition d'insectes résistants aux plantes transgéniques et/ou prolifération de prédateurs naturellement insensibles à la toxine devenant dominants faute de concurrents atteints par cette toxine ➤ risque d'impact sur la faune susceptible de consommer des plantes transgéniques (cf. les insectes utiles comme les abeilles) ➤ risque d'appauvrissement de la diversité génétique : ➤ risque d'une atteinte à la biodiversité en cas de dissémination d'un gène qui confère à un organisme un avantage sélectif par rapport à l'organisme équivalent non modifié ➤ risque de diffusion des gènes de sélection qui pourrait entraîner une résistance aux antibiotiques (création de zones refuges) ➤ risque d'accentuation de la pollution aux pesticides : accumulation de l'insecticide Bt dans les sols et sédiment (à partir des pollens, des racines et des chaumes qui en produisent) ➤ l'apparition de nouveaux germes pathogènes ; ➤ la modification des micro-organismes du sol. |
| Impacts des OGM au niveau alimentaire et risques potentiels | <ul style="list-style-type: none"> ➤ ils dépendent du degré de transformation du produit : s'il s'agit de produits frais (transgène et protéines soumis à la digestion), transformés ou dérivés (procédé de fabrication peut ou pas entraîner une perte de fonctionnement de l'ADN, une dénaturation des protéines, voire leur quasi élimination cf huile, farine) ➤ <u>le risque allergène</u> ➤ <u>le risque toxicologique</u> : problème de toxicité (perturbation de certaines fonctions de la plante par le gène introduit) ➤ modification du contenu nutritionnel par le gène introduit ➤ les transferts de gènes de résistance aux antibiotiques aux micro- |

| | |
|---|--|
| | organismes du tube digestif |
| Impacts des OGM au niveau agricole et risques potentiels | <ul style="list-style-type: none"> ➤ risques associés aux conséquences de l'introduction de plantes génétiquement modifiées dans le système de culture (propriétés agronomiques, qualité des produits, balances avantages/inconvénients, coûts, bénéfices pour l'agriculteur) ➤ impact sur l'environnement ➤ mettre au point les modalités de gestion ➤ compatibilité avec des cultures d'agriculture biologique |
| Impacts des OGM au niveau socio-économique et risques potentiels | <ul style="list-style-type: none"> ➤ risque de mettre en difficulté les économies des pays en voie de développement : distorsion des concurrences mondiales ➤ risque de modifier l'organisation de l'agriculture (disparition de l'agriculture familiale plus respectueuse des réseaux économiques locaux) ➤ risque de dépendance des agriculteurs vis-à-vis des conglomérats agrochimiques |
| Avantage des OGM sur le plan économique | <ul style="list-style-type: none"> ➤ permet d'accroître la productivité des surfaces cultivées ➤ baisse du prix des produits alimentaires (rapport 2006) ➤ Lutte contre la sous-nutrition et la famine |
| Avantage des OGM sur les plans environnemental et sanitaire | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Développement de plantes répondant mieux aux conditions climatiques ➤ Diminuer les épandages d'engrais, d'insecticides ➤ Développement de plantes adaptées aux évolutions des ravageurs |

Par ailleurs, se pose en termes éthiques, philosophiques ou religieux la question du droit à modifier la nature, la question de la notion de nature avec en arrière plan le spectre eugénisme.

4. Caractérisation des ressources intellectuelles et méthodologiques que le citoyen peut mobiliser pour se faire une opinion, participer aux débats

Nous nous appuyerons sur les caractéristiques explicitées pour une éducation qui « *ne laissent pas aux experts le pouvoir de façonner le monde* » (Simoneaux, 2006).

Il s'agit de former des personnes informées sur les méthodes de recherche, sur les applications et leurs éventuelles répercussions, capables de prendre des décisions argumentées et de participer aux débats.

Cette éducation s'inscrit dans la mission qu'Edgard Morin « [...] attribue à l'enseignement fondé sur la « nécessité de fortifier l'aptitude interrogative et de lier le savoir au doute ; l'aptitude à intégrer le savoir particulier dans un contexte global et dans sa propre vie ; l'aptitude à affronter les problèmes fondamentaux de sa propre condition et de son propre temps » » (Simmoneaux, 2006, p.41).

Des connaissances doivent être mobilisées pour comprendre (compétences cognitives), les valeurs mises en jeu doivent être explicitées (compétences éthiques), les techniques de débat et d'argumentation doivent être maîtrisé (compétences sociales) (Simmoneaux, 2006).

La nature de la science, le mode de construction des savoirs, la place du chercheur sont par ailleurs à questionner et à comprendre car d'après Simmoneaux (2006) l'analyse des questions socio-scientifiques est influencée par ces connaissances (compétences épistémologiques).

D. Le problème du dépôt de brevets sur le génome

Avec le projet de décryptage des génomes de nouvelles demandes de brevet cherchant à relier la connaissance fragmentaire d'une collection étendue de transcrits du génome humain à toutes ses applications potentielles pour les diagnostics génétiques et le traitement des maladies en y incluant des revendications sur la séquence complète des transcrits, sur les gènes dont ils sont dérivés et sur les protéines codées ont fait leur apparition (Auffray (1996)). Le **tableau 40** des annexes de la partie III (p.147) recense quelques uns des arguments employés dans ces débats.

Le **tableau 39** des annexes de la partie III (p.146) propose une caractérisation de pratiques citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique.

E. enjeux de formation pour les pratiques citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique

Nous proposons dans le **tableau 31** différents enjeux de formation associés aux pratiques citoyennes.

Tableau 31 : Proposition de différents enjeux de formation pour les pratiques citoyennes

| Enjeux de formation pour les pratiques citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique | |
|---|--|
| Enjeux cognitifs et méthodologiques | <ul style="list-style-type: none"> ➤ comprendre le principe, les enjeux et les résultats des tests génétiques ; ➤ comprendre le principe, l'intérêt et les risques associés aux nouveaux produits issus des techniques de transgénèse (OGM) ; ➤ Comprendre le principe, l'intérêt et les limites des bio-banques ; ➤ Comprendre le principe, l'intérêt et les limites des brevets ; ➤ Etc... <p>Compétences cognitives</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Comprendre la notion de risque ; ➤ Comprendre la nouvelle vision du vivant et avoir une connaissance de la structure et de la fonction du génome ; <p>Compétences méthodologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ participer à un débat, se faire une opinion, argumenter ; |
| Enjeux de formation éthique | <ul style="list-style-type: none"> ➤ être capable d'identifier des valeurs (compétence éthique). |
| Enjeux culturels | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nature de la science (compétences épistémologiques). |
| Dispositifs de formation | <p><u>Formation initiale</u> (scolaire au moins) : échelon important car il permet de toucher tout le monde.</p> <p>Mise en place de dispositifs adaptés à l'acquisition de connaissances, mais aussi de compétences sociales, éthiques et épistémologiques permettant l'élaboration d'un jugement, la participation à un débat.</p> |

V. Caractérisation de pratiques contribuant à mieux appréhender les pratiques de génomique et de post-génomique

La comparaison des enjeux de formation fait apparaître deux enjeux récurrents dont la mobilisation comme référence pour des contenus d'enseignement pourrait permettre de contribuer à la formation aux pratiques de génomique et de post-génomique ou au moins à les rendre plus lisibles :

- des enjeux portant sur l'acquisition de compétences techniques (techniques de séquençage, bioinformatique, etc...) et cognitives (structure de l'ADN) pour mieux comprendre ce que signifie séquencer un génome, le principe des tests génétiques, les comparaisons de génome, la transgénèse, la construction d'OGM etc.... Ces enjeux sont à mettre en relation avec une meilleure compréhension des approches structurales ;
- des enjeux portant sur l'acquisition de compétences cognitives et méthodologiques en relation avec la nouvelle vision (relation gène- protéine, la notion controversée de gène, les relations gènes – caractère, les démarches prenant en compte les différents niveaux d'organisation, etc....) pour mieux comprendre les questions autour de la transgénèse, le sens des résultats d'un test génétique, l'intérêt et les limites de l'identification d'un gène dans une maladie... Ces enjeux sont plutôt à mettre en relation avec une meilleure compréhension des approches structurales et fonctionnelles dans le cadre de la nouvelle vision.

Pour les compétences techniques et cognitives permettant une meilleure compréhension des approches structurales : les pratiques de référence peuvent être pour les compétences techniques les pratiques de recherche en biologie moléculaire ou en génie génétique qui partagent beaucoup de leurs ressources techniques et pour les compétences cognitives plutôt les pratiques de recherche en biologie moléculaire.

Pour les compétences cognitives et méthodologiques permettant une meilleure compréhension des approches structurales et fonctionnelles inscrites dans la nouvelle vision : les pratiques de référence peuvent être des pratiques actuelles articulant une biologie moléculaire inscrite dans la nouvelle vision et de la physiologie ou de l'embryologie par exemple (cf. pratiques décrite par Stewart).

Nous proposons comme pratiques de référence contribuant à mieux appréhender les pratiques de génomique et de post-génomique :

- les pratiques de recherche en biologie moléculaire et en génie génétique pour lesquelles une caractérisation est proposée dans les **tableaux 41.a et 41.b** des annexes de la partie III (p.149) ;
- les pratiques de recherche articulant des pratiques de biologie moléculaire inscrites dans la nouvelle vision et par exemple des pratiques de physiologie ou des pratiques d'embryologie. Une caractérisation de ces pratiques de recherche est proposée dans les **tableaux 42.a et 42.b** des annexes de la partie III (p.157).

PARTIE IV :

**Les SVT « en directives », une construction
disciplinaire originale**

Nous questionnons dans la première partie de cette quatrième partie la sélection opérée en termes de référence pour certains contenus et visées des SVT « en directives » (Question de recherche 1.2). Les contenus et visées concernés sont les contenus et visées des programmes de SVT (publiés entre 1995 et 2002) relevant de l'enseignement d'éléments de génétique. En outre, nous ne nous intéressons qu'à la sélection opérée parmi les pratiques sociales identifiées et caractérisées pour la génomique et la post-génomique dans la partie III.

L'examen de la cohérence de leur prise en charge curriculaire par les programmes d'enseignement pour les SVT, **nous permettra de contribuer à clarifier les options disciplinaires qui sous-tendent non pas leur sélection** (qui relève de plans et de logiques d'acteurs inaccessibles à notre corpus) **mais leur mode d'agencement** (réseau notionnelle, réseau thématique, mise en cohérence entre les contenus, les visées et les références au niveau d'un thème (cohérence thématique), du programme (cohérence programmatique) et leur organisation temporelle (principes de progressivité, continuité, discontinuité, rupture) (question de recherche 2).

Il s'agit, en outre, par la comparaison entre les contenus disciplinaires ainsi caractérisés (références sélectionnées et mode d'agencement) et la description de la diversité des pratiques sociales associées à la génomique et à la post-génomique, de mettre en discussion l'itinéraire élaboré par les SVT « en directives » pour les élèves, et le type de formation ainsi pensé. Dans quelle mesure, pratiques de référence et contenus d'enseignement, peuvent-ils être mis en correspondance ? Quels sont les contours de la « culture scolaire » ainsi tracés pour ces pratiques de référence ?

I. Références sélectionnées pour les SVT « en directives » parmi des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou parmi des pratiques contribuant à mieux les appréhender

Cette partie vise à répondre à la première question de recherche (question 1.2). Il s'agit d'identifier les références sélectionnées parmi les pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou parmi celles qui peuvent permettre de mieux les appréhender pour les contenus et visées explicités dans les programmes publiés entre 1995 et 2002 pour les SVT.

Nous nous appuierons pour identifier les références explicites ou implicites des savoirs, tâches et visées des SVT « en directives » sur les tableaux de caractérisation établis dans la partie III (**tableaux 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 37, 39, 41 et 42 des annexes de la partie III**, p.98 à 157). Une grille d'analyse élaborée à partir de ces tableaux permettra de réaliser une analyse de contenu thématique d'un corpus constitué de l'ensemble des énoncés (savoirs, tâches et visées) issus des programmes de SVT et relevant de la génétique.

A. Méthodologie : analyse thématique d'un corpus de textes prescripteurs par une grille d'analyse dont les dimensions correspondent aux différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique

Dans un premier temps, nous explicitons les choix opérés pour la constitution du corpus d'analyse à partir du corpus des textes prescripteurs.

1. Constitution et standardisation du corpus d'analyse

a. **Constitution du corpus d'analyse à partir du corpus initial de recherche**

Caractérisation du corpus de recherche

Le corpus « de recherche » est constitué de l'ensemble des textes prescripteurs élaborés pour les sciences de la vie et de la Terre et l'enseignement scientifique (qui inclut des parties de sciences de la vie et de la Terre) et publiés de 1995 à 2002 pour l'enseignement secondaire général français¹.

Malgré une dénomination de l'enseignement différente, « enseignement scientifique » et non pas « sciences de la vie et de la Terre », nous avons considéré que les programmes de 1^{ère} L et de 1^{ère} ES « d'enseignement scientifique » relevaient des SVT en termes de discipline scolaire.

Plusieurs raisons à ce choix. Ces programmes ont été élaborés par les groupes disciplinaires de SVT (en totalité pour le programme de 1^{ère} ES, pour la partie SVT pour le programme de 1^{ère} L). Si la présentation du programme de 1^{ère} ES parle d'un enseignement de biologie et ne fait pas référence aux SVT, celle du programme de 1^{ère} L se réfère explicitement aux deux disciplines scolaires auxquelles les thèmes enseignés se rapportent : les SVT et les sciences de la matière.

Les enseignants qui assurent la mise en œuvre dans les classes de cet enseignement scientifique sont des enseignants de SVT en 1^{ère} ES et en 1^{ère} L. En première L, ils alternent leurs interventions avec celles de leurs collègues de sciences de la matière qui assurent l'enseignement des parties se rapportant à la physique ou à la chimie. Or nous avons vu qu'une discipline scolaire se caractérise aussi par le corps d'enseignants spécialisés qui assure son enseignement.

Cette prise en compte des programmes d'enseignement scientifique dans le cadre disciplinaire des SVT, nous permettra d'interroger les sélections de références et les modes d'agencement

¹ Les références de l'ensemble des textes officiels constituant notre corpus de recherche sont regroupées dans le **tableau 1** des annexes de la partie I, p.10.

retenus pour la discipline scolaire en relation avec la spécialisation qui s'opère au lycée (proposition de différentes filières aux élèves).

Constitution d'un corpus d'analyse :

Pour permettre l'analyse des contenus et visées présents dans les textes prescripteurs, ont été isolés les items relevant des savoirs, tâches (tâche, objet et outil) et visées.

Comme nous l'avons vu dans le II-B de la partie II (p.92), les programmes élaborés au cours de cette période présentent une organisation relativement constante du collège au lycée. Pour mémoire cette organisation comprend :

- une série d'introduction présentant les visées en termes d'objectifs de plus en plus précis, des éléments concernant la cohérence horizontale et verticale, l'organisation pédagogique, l'évaluation ;
- Un découpage du programme en thèmes non disciplinaires. Pour chaque thème :
 - une colonne regroupant pour chaque thème les contenus et notions ;
 - une colonne proposant des activités ;
 - pour le collège une colonne précisant pour les différents thèmes les différentes compétences qui doivent être acquises ;
 - pour le lycée des éléments indiquant les limites du contenu de la colonne contenu et notion.

Afin de faciliter l'identification de contenus ou de visées se référant potentiellement aux pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique, nous avons constitué un « **corpus d'analyse** » regroupant sous forme de tableaux les différents contenus (savoirs, tâches, supports) et visées des programmes de SVT.

Nous n'avons retenu pour ce corpus que les savoirs, tâches et visées relevant au sens large de la génétique.

Pour ce faire, nous avons réalisé une première lecture des programmes afin d'identifier ceux contenant des éléments relevant de la génétique. Tous les programmes de sciences de la vie et de la Terre ou d'enseignement scientifique à partir de la 3^{ème} jusqu'à la terminale S contiennent des éléments relevant de la génétique. Seuls les programmes de 6^{ème}, 5^{ème} et 4^{ème} n'en contiennent pas.

Pour ces programmes nous avons ensuite identifié les thèmes contenant des éléments de génétique. Ces thèmes sont surlignés en jaune dans les **tableaux 43 et 44** des annexes de la partie IV (p.162 et p.163) qui recensent l'ensemble des thèmes des différents programmes de collège et de lycée pour les SVT.

Puis pour chacun de ces thèmes pour ces différents niveaux nous avons retenu des savoirs, tâches et visées relevant de la génétique et les avons constitués en unité d'analyse thématique selon les modalités suivantes.

Les différentes unités d'analyse

Les savoirs retenus correspondent au énoncés de la colonne « contenus et notions » des programmes relevant d'après nous de la génétique. Nous proposons au sein des savoirs un découpage en unités d'analyse basé sur l'identification de différences de contenus thématiques.

Les tâches, les objets et les outils associés pour cette première analyse sous le terme de « tâches » correspondent aux énoncés de la colonne « activités ou Travaux pratiques envisageables » et relevant d'après nous de la génétique. Pour les tâches, les objets et les outils, l'unité d'analyse thématique est constituée par la description d'une activité. La distinction au sein de ces unités d'analyse des tâches, des objets et des outils sera réalisée dans un second temps pour celles se référant potentiellement à des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique.

Les visées retenues correspondent aux objectifs énoncés dans les différentes introductions et relevant d'après nous de la génétique. Pour les visées, chaque visée correspond à une unité d'analyse.

Le **tableau 32** (p.223 du manuscrit) récapitule les liens entre les éléments composant les programmes et les différents types d'unité d'analyse.

Tableau 32 : Récapitulatif des liens entre « savoirs, tâches et visées » et les différents types d'unité d'analyse

| Éléments composant la discipline « en directives » dans notre représentation schématique | Partie du programme correspondant à ces éléments | Critère d'identification des unités d'analyse |
|---|--|--|
| Les savoirs | Colonne « contenus et notions » | Une unité d'analyse correspond à l'ensemble des énoncés relevant d'une même thématique. |
| Les tâches (tâches, objets, outils) | Colonne « activités envisageables ou travaux pratiques envisageables » | Une unité d'analyse correspond à la description d'une activité ou d'un thème de travaux pratiques. |
| Les visées | -Introductions globales, thématiques -Colonne compétences des programmes de collège | Une unité d'analyse correspond à une visée. |

b. Standardisation du corpus d'analyse

La standardisation des unités d'analyse du corpus d'analyse

Etant donné nos questions de recherche, il est important de savoir à quelle partie du programme chacune de ces unités d'analyse correspond.

Nous avons donc choisi de coder les unités d'analyse en faisant apparaître :

- à quel type d'élément composant le programme elle correspond ;
- le niveau dont elle est issue ;
- les différents découpages du programme dans lesquelles elle s'insère :
 - découpage en programme obligatoire ou de spécialité ;
 - découpage en thème obligatoire ou au choix ;

- découpage en thèmes ;
- les découpages pour chaque thème dans la colonne « contenus et notions » en partie et sous-partie dans lesquels elle s’inscrit ;
- l’ordre des unités d’analyses au sein d’une sous-partie, ou d’une partie d’un thème.

Le **tableau 33** explicite la codification adoptée pour rendre compte des différentes insertions des unités d’analyse dans le découpage du programme et de leur nature.

Tableau 33 : Codification des unités d’analyse rendant compte de leur nature et de leur insertion dans le programme.

| | Codification et signification |
|---|--|
| Elément composant les programmes | <ul style="list-style-type: none"> - S : savoirs - A : tâches (tâches, objets, outils) - V : visées |
| niveau | <ul style="list-style-type: none"> - TS : terminale scientifique - 1S : première scientifique - 1ES : première sciences économiques et sociales - 1L : première littéraire - 2 : seconde - 3 : troisième |
| Différents découpages du programme | <ul style="list-style-type: none"> - <u>En Terminale scientifique</u> : - Pour la partie commune du programme : rien - Pour la partie du programme qui correspond à la spécialité : II - <u>En première scientifique</u> : - Pour la partie du programme sciences de la vie : SV - <u>En premières ES et L</u> - Pour les thèmes obligatoires ou communs : TO |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - Pour les thèmes au choix : TC - <u>En seconde</u> : - Biologie : B |
| Découpage en thèmes | - Numérotation des thèmes dans l'ordre du programme (cf. tableau des programmes) (tous les thèmes sont pris en compte) |
| Pour les savoirs, découpage en fonction des titres | - Numérotation des titres dans l'ordre du programme (tous les titres sont pris en compte) |
| Les lettres sont séparées par des tirets, les chiffres par des points | |
| Les unités d'analyse | Sont identifiées par une lettre minuscule séparée par un point |

Le corpus d'analyse est présenté dans les **tableaux 45** (classe de 3^{ème}), **46** (classe de 2nde), **47** (classe de 1^{ère} ES), **48** (classe de 1^{ère} L), **49** (classe de 1^{ère} S), **50** (classe de TS) regroupés dans le **document 12** des annexes de la partie IV (p.166 à 194).

Chaque tableau propose l'explicitation complète de l'unité d'analyse et sa codification.

Le **tableau 34** propose un extrait du corpus d'analyse.

Tableau 34 : Extrait du corpus d'analyse de la classe de 3^{ème}

| Codification | Unités d'analyse se rapportant à des éléments d'enseignement de génétique des SVT « en directives » |
|---------------------|---|
| S-3-A-1.a | 3-A-1 : Chaque individu présente les caractères de l'espèce avec des variations qui lui sont propres. C'est le résultat de l'expression de son programme génétique et de l'influence des conditions de vie. |
| S-3-A-1.b | Les caractères qui se retrouvent dans les générations successives sont des caractères héréditaires. |
| A-3-A-1.a | Classement des caractères présentés par un individu (caractères spécifiques et variations individuelles). |
| A-3-A-1.b | Identification d'un caractère héréditaire à partir d'un arbre généalogique. |

Pour plus de clarté dans le corpus d'analyse nous avons conservé les découpages présents dans les programmes (différentes parties, différents types de thèmes, thèmes, titres de la colonne « contenus et notions ») auxquels les savoirs, tâches et visées sont associés.

2. Méthode d'analyse du corpus : analyse thématique du corpus en s'appuyant sur une grille d'analyse élaborée a priori à partir de la caractérisation de pratiques sociales de référence relevant de la génomique ou de la post-génomique ou facilitant l'appréhension de ces pratiques

Notre objectif est d'identifier des savoirs, tâches et visées du corpus d'analyse qui pourraient potentiellement se référer aux pratiques sociales de référence relevant de la génomique post-génomique ou à des pratiques contribuant à mieux les appréhender.

Elaboration d'une grille d'analyse à partir de la caractérisation de pratiques sociales de référence (Partie III)

Une grille d'analyse rendant compte des différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post génomique ou de pratiques pertinentes par rapport aux enjeux de formation a été constituée.

Elle est formée d'un « *ensemble minimal mais suffisant de dimensions pour décrire les unités d'analyse* » (Weil-Barais, 2000, p.166). Les dimensions comprennent des sous-dimensions.

Il s'agit de proposer une taxonomie rendant compte de différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou de pratiques contribuant à les appréhender et qui peuvent constituer une référence pour une discipline scolaire.

Les règles à satisfaire lors de l'élaboration d'une grille d'analyse sont rappelées dans le **tableau 35**.

Tableau 35 : Règles à respecter dans la constitution d'une grille d'analyse (d'après Weil Barais, 2000)

| règle | Explicitation |
|------------------------|---|
| D'exhaustivité | Tous les aspects des pratiques sociales de référence que nous avons identifiés doivent pouvoir être décrits. |
| D'exclusion | Sur une dimension donnée, un aspect des pratiques sociales de référence ne peut être classé que dans une seule catégorie. |
| D'homogénéité | Les catégories relevant d'une dimension doivent être homogènes en extension et en compréhension : le même principe de classification doit être à la base de la détermination des catégories. |
| D'économie | Il ne doit pas y avoir redondance entre les dimensions et les catégories. |
| De simplicité | Le nombre de catégories par dimension ne doit pas être trop grand. |
| De pertinence | Fondée théoriquement sur l'adéquation entre les catégories et les aspects des pratiques sociales de référence retenus. |
| D'objectivité | Les critères de classement doivent être communicables. |
| De productivité | Une grille d'analyse est productive si elle apporte des résultats suffisamment riches pour répondre aux questions initialement posées, si elle permet de poser des questions, des hypothèses, si elle offre des perspectives nouvelles. |
| De fidélité | Soumis à plusieurs analystes, le corpus analysé doit être catégorisé de la même manière. |

Les dimensions et sous-dimensions suivantes ont été retenues pour constituer la grille d'analyse :

Comme dimensions, nous retenons les différents types de pratiques identifiées : pratiques de recherche scientifique (fondamentale, appliquée, médicale, clinique), pratiques médicales

(diagnostique, prédiction, soin), pratiques de production industrielle et agricole, pratiques citoyennes et enfin les autres types de pratiques pouvant relever de la génétique.

Comme sous-dimensions, nous retenons les différentes pratiques relevant soit directement de la génomique ou de la post-génomique, soit des pratiques contribuant à leur appréhension, soit des pratiques autres relevant de la génétique

Afin de pouvoir catégoriser toutes les unités d'analyse du corpus d'analyse relevant de la génétique, ont été ajoutées :

- pour chaque dimension, une sous-dimension « autres pratiques sociales en génétique» ;
- pour la dimension pratique de recherche scientifique, une sous-dimension histoire des sciences et épistémologie en relation avec la génomique et la post-génomique.

Les dimensions et sous-dimensions retenues sont donc :

Dimension 1 : les pratiques de recherche scientifique :

- sous-dimension 1 : génomique (approche structurale seule), (recherche fondamentale, médicale, clinique) ;
- sous-dimension 2 : post-génomique (inclut les approches de recherche en génomique s'inscrivant dans un projet articulant les approches structurales et fonctionnelles), (recherche fondamentale, médicale) ;
- sous-dimension 3 : pratiques de recherche (génétique des populations, évolution...) qui mobilisent des ressources des pratiques de recherche en génomique (notamment en génomique comparée) ;
- sous-dimension 4 : pratiques de recherche en histoire des sciences et épistémologie ;
- sous-dimension 5 : pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision sans relever de la post-génomique et dont les méthodes, les résultats permettent d'appréhender une approche intégrée du vivant ;
- sous-dimension 6 : pratiques de recherche dont les résultats et les ressources contribuent à la compréhension des techniques et des méthodes des pratiques de recherche en génomique et post-génomique (techniques et méthodes des pratiques de recherche en biologie moléculaire et en génie génétique) ;

- sous-dimension 7 : autres pratiques de recherche en génétique ;

Dimension 2 : les pratiques médicales renouvelées ou soutenues par les résultats, ressources matérielles, conceptuelles issues de la génomique (tests génétiques, thérapie génique)

- sous-dimension 1 : pratiques de diagnostic (tests génétiques) ;
- sous-dimension 2 : pratiques de prédiction : médecine prédictive s'appuyant sur les tests génétiques ;
- sous-dimension 3 : pratiques de soin en perspective : thérapie génique, adaptation du médicament au patient ;
- sous-dimension 4 : autres pratiques médicales en génétique.

Dimension 3 : les pratiques de production industrielle et agricole mobilisant des résultats des ressources issus des pratiques de recherche en génomique et en post-génomique

- sous-dimension 1 : pratiques de recherche et développement ;
- sous-dimension 2 : pratiques de production industrielle de médicaments par transgénèse ;
- sous-dimension 3 : pratiques de production agricole d'OGM par transgénèse ;
- sous-dimension 4 : autres pratiques de production industrielles en génétique.

Dimension 4 : les pratiques citoyennes

- sous-dimension 1 : pratiques centrées sur des questionnements en relation avec les différentes pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique ;
- sous-dimension 2 : pratiques relevant de questionnements en relation avec des pratiques génétiques.

Dimension 5 : autres pratiques sociales

- sous-dimension 1 : pratiques renouvelées par les pratiques de recherche en génomique ou en post-génomique (pratiques judiciaires par exemple) ;
- sous-dimension 2 : pratiques relevant de la génétique et ne relevant d'aucune autre dimension.

Les contenus de génétique mobilisant des références purement scolaires seront discutés au terme du codage.

Le **tableau 36** (p.231 du manuscrit) récapitule les dimensions et sous-dimensions retenues, leur définition et leur attribue un code.

Tableau 36 : Caractérisation des dimensions et sous-dimensions de la grille d'analyse proposée et codification

| Dimension 1 : Pratiques de recherche scientifique | | |
|---|--|---------------------|
| Sous-dimensions | Définition | codification |
| Pratiques de recherche en génomique | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de recherche fondamentale ou médicale en génomique (approche structurale) (cf. tableaux 28, 29 et 33 des annexes Partie III). | 1.1 |
| Pratiques de recherche en post-génomique | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de recherche fondamentale ou médicale en post-génomique (approches structurales et approches fonctionnelles intégrées) (cf. tableau 28, 30 et 33 des annexes Partie III). | 1.2 |
| Pratiques de recherche renouvelées par la génomique | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de recherche (généétique des populations, évolution...) qui mobilisent des ressources des pratiques de recherche en génomique (notamment en génomique comparée) (cf. tableau 31 et 32 des annexes Partie III). | 1.3 |
| Pratiques de recherche en histoire des sciences | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de recherche en histoire des sciences et en épistémologie portant sur l'inscription historique de la génomique et de la post-génomique. | 1.4 |
| Pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision/ ressources pour la post-génomique | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision sans relever de la post-génomique et dont les méthodes, les résultats permettent d'appréhender une approche plus intégrée du vivant (cf. tableaux 42.a et 42.b des annexes Partie III). | 1.5 |
| Pratiques de recherches dont les résultats, les ressources matérielles | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de recherche dont les résultats et les ressources contribuent à la compréhension des techniques et des méthodes des pratiques de | 1.6 |

| | | |
|--|---|------------|
| <p>sont mobilisées par les pratiques de recherche en génomique</p> | <p>recherche en génomique et post-génomique (techniques et méthodes des pratiques de recherche en biologie moléculaire et en génie génétique) (cf. tableaux 41.a et 41.b des annexes Partie III)</p> | |
| <p>Autres recherches en génétiques</p> | <p>L'unité d'analyse se réfère à d'autres pratiques de recherche en génétique.</p> | <p>1.7</p> |

| <p>Dimension 2 : Pratiques médicales renouvelées ou soutenues par les résultats et ressources issus de la génomique (tests génétiques, thérapie génique)</p> | | |
|---|---|---------------------|
| <p>Sous-dimensions</p> | <p>Définition</p> | <p>codification</p> |
| <p>pratiques de diagnostic (tests génétiques)</p> | <p>Unité d'analyse se référant à des pratiques médicales visant le diagnostic d'une maladie par des tests génétiques (cf. tableaux 34 des annexes Partie III).</p> | <p>2.1</p> |
| <p>pratiques de prédiction : médecine prédictive s'appuyant sur les tests génétiques</p> | <p>Unité d'analyse se référant à des pratiques médicales visant la prédiction et s'appuyant sur des tests génétiques (médecine prédictive) (cf. tableaux 34 des annexes Partie III).</p> | <p>2.2</p> |
| <p>pratiques de soin en perspective : thérapie génique, adaptation du médicament au patient</p> | <p>Unité d'analyse se référant à des pratiques de soin dont le développement dépend en partie des pratiques de recherche menées en génomique et en post-génomique (thérapie génique, pharmaco-génétique) (cf. tableaux 34 des annexes Partie III).</p> | <p>2.3</p> |
| <p>Autres pratiques médicales en génétique</p> | <p>Pratique de diagnostic, de prédiction ou de soin n'utilisant pas des ressources issues ou touchées par le développement de la génomique et de la post-génomique</p> | <p>2.4</p> |

| Dimension 3 : pratiques de production industrielle et agricole mobilisant des ressources, des résultats des pratiques de recherche en génomique et en de post-génomique | | |
|--|---|--------------|
| Sous-dimensions | Définition | codification |
| Pratiques de recherche et développement | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de recherche et développement (cf. tableau 36 des annexes Partie III). | 3.1 |
| Pratiques de production industrielle de protéines par transgénèse | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de production industrielle de médicaments par transgénèse (cf. tableau 36 des annexes Partie III). | 3.2 |
| Pratiques de production agricole d'OGM par transgénèse | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques de production agricole d'OGM par transgénèse (cf. tableau 36 des annexes Partie III). | 3.3 |
| Autres pratiques de production industrielle ou agricole en génétique | L'unité d'analyse se réfère à d'autres pratiques de production industrielles en génétique. | 3.4 |

| Dimension 4 : Pratiques citoyennes | | |
|---|--|--------------|
| Sous-dimensions | Définition | codification |
| Pratiques centrées sur des problèmes en relation avec des pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques centrées sur des questionnements en relation avec les différentes pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique (cf. tableau 39 des annexes Partie III). | 4.1 |
| Pratiques centrées sur des problèmes en relation avec des pratiques génétiques | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques relevant de questionnements en relation avec des pratiques génétiques. | 4.2 |

| Dimension 5 : Autres pratiques | | |
|--|--|---------------------|
| Sous-dimensions | Définition | codification |
| Autres pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques renouvelées par les pratiques de recherche en génomique ou en post-génomique (pratiques judiciaires par exemple) (cf. tableau 37 des annexes Partie III). | 5.1 |
| Autres pratiques relevant de la génétique | L'unité d'analyse se réfère à des pratiques relevant de la génétique et ne relevant d'aucune autre dimension. | 5.2 |

Analyse du corpus ou codage

L'analyse du corpus ou codage consiste à caractériser chaque unité d'analyse présente dans le corpus d'analyse par la ou les sous-dimensions de la grille d'analyse à laquelle ou auxquelles elle appartient (Weil Barais, 2000).

L'analyse est menée successivement pour les différents niveaux et pour les différents types d'éléments composant les programmes : les savoirs, les tâches et les visées.

Comme nous l'avons déjà indiqué, les références mobilisées par les éléments du programme sont le plus souvent implicites.

Pour chaque unité d'analyse, des éléments de justification (termes soulignés) du codage sont proposés et apportés dans les **tableaux 45, 46, 47, 48, 49 et 50** des annexes de la partie IV (p.166 à 194). La pratique sociale ainsi associée à un contenu ou une visée constituera **une proposition de référence** pour ce contenu ou cette visée.

A l'intersection d'une ligne et d'une colonne est noté un 1 si l'unité d'analyse est décrite par la sous-dimension sinon rien n'est noté. Pour une même unité d'analyse plusieurs propositions de références peuvent parfois être faites.

Deux cas :

- soit l'énoncé inclut des références explicites à plusieurs types de pratiques, références supportées par des notions, des techniques, etc... correspondant aux caractéristiques de ces différentes pratiques ;
- soit la formulation de l'énoncé est suffisamment large et incomplète pour rendre possible des références à plusieurs types de pratiques.

C'est le cas notamment, lorsque l'énoncé associé à l'unité d'analyse se réfère à des pratiques renouvelées par les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique mais ne précise pas s'il se réfère aux caractéristiques de ces pratiques prenant en compte ou pas les renouvellements apportés. Dans ce cas, nous considérerons que potentiellement cette unité d'analyse peut être décrite par les différentes sous-dimensions correspondant aux différentes pratiques. Nous parlerons de **référence possible**.

Le nombre d'unité d'analyse ne correspond donc pas forcément au nombre de références.

Certaines unités d'analyse mobilisent des références scolaires : un S est porté dans la sous dimension avec laquelle l'unité d'analyse a le plus de proximité.

Fiabilité du codage

La fiabilité du codage a été réalisée par un double codage du même corpus (Weil Barais, 2000) mais par l'auteur. La proposition de codage reste donc fortement subjective.

Le résultat du codage des unités d'analyse du corpus d'analyse est présenté dans les **tableaux 51** (classe de 3^{ème}), **52** (classe de 2^{nde}), **53** (classe de 1^{ère} ES), **54** (classe de 1^{ère} L), **55** (classe de 1^{ère} S), **56** (classe de TS) regroupés dans le **document 13** des annexes de la partie IV (p.204 à 224).

Chaque tableau est composé de trois sous-tableaux : un sous-tableau pour les unités d'analyse correspondant à des savoirs, un sous-tableau pour les unités d'analyse correspondant à des tâches et un sous-tableau pour les unités d'analyse correspondant à des visées.

Le **tableau 37** propose un extrait du codage corpus d'analyse.

Tableau 37 : Extrait du **tableau 51** présentant le résultat du codage des unités d'analyse correspondant à des visées pour la classe de 3^{ème}.

Codage des unités d'analyse correspondant à des visées

| unité d'analyse | Dimension 1 | | | | | | | Dimension 2 | | | | Dimension 3 | | | | Dim.4 | | Dim.5 | |
|--------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.7 | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | 3.1 | 3.2 | 3.3 | 3.4 | 4.1 | 4.2 | 5.1 | 5.2 |
| V-3.a | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| V-3-A.a | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | |
| V-3-A.b | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | |
| V-3-A.c | | | | | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | |
| total | | | | | 2 | 2 | 1 | | | | | | | | | | | | |

Pour chaque type d'unité d'analyse une ligne « total » recense le nombre d'unités d'analyse codées pour chaque sous-dimension.

3. Résultats du codage et axes d'analyses retenus

Notre question de recherche vise à **proposer** des pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches et les visées des SVT « en directives » parmi des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou parmi des pratiques contribuant à mieux appréhender les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique.

a. Les résultats du codage et son analyse niveau par niveau

Les pratiques sociales sélectionnées comme référence implicite pour les contenus et visées des SVT « en directives »

Pour chaque niveau et chaque type d'unité d'analyse un tableau récapitulatif sera présenté dans le texte indiquant le nombre d'unité d'analyse se référant à telle ou telle sous-dimension, c'est-à-dire à tel ou tel type de pratiques sociales.

Ce nombre est à prendre avec précaution dans la mesure où un découpage différent du corpus aurait conduit à un nombre différent.

Il nous paraît malgré tout intéressant de l'indiquer dans la mesure où il donne une indication de l'importance comme référence pour les SVT « en directives » des différents types de pratiques.

Les résultats du codage permettront d'identifier les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les SVT « en directives » et celles non sélectionnées.

Pour les pratiques sociales sélectionnées, il sera possible de donner une indication de leur importance respective comme référence pour les SVT « en directives ».

**Les caractéristiques de ces pratiques sélectionnées pour les contenus et visées des SVT
« en directives »**

Pour les unités d'analyse se référant à des pratiques sociales relevant de la génomique ou de la post-génomique ou de pratiques contribuant à les appréhender nous précisons à quelle(s) caractéristique(s) de la pratique sociale en question elles se réfèrent.

Les propositions de « caractéristiques de référence » pour les différentes unités d'analyse sont présentées dans les **tableaux 57** (classe de 3^{ème}), **58** (classe de 2^{nde}), **59** (classe de 1^{ère} ES), **60** (classe de 1^{ère} L), **61** (classe de 1^{ère} S), **62** (classe de TS) regroupés dans le **document 14** des annexes de la partie IV (p.231 à 250).

Le **tableau 38** propose un extrait du **tableau 57**.

Tableau 38: Extrait du **tableau 57** des annexes de la partie III qui propose des caractéristiques de pratiques de sociales auxquelles les contenus et visées peuvent se référer

| Codification | Unités d'analyse se rapportant à des éléments d'enseignement de génétique des SVT « en directives » | Codage/ caractéristique |
|---------------------|--|------------------------------------|
| V-3.a | « Il est centré sur l'Homme, à la fois dans son fonctionnement comme organisme et dans divers aspects de ses interaction avec son milieu et son environnement : [...] « « la partie A prévoit une présentation simple du <u>déterminisme génétique</u> , <u>interférant avec l'influence des conditions de vie</u> [...] » | 1.5 résultats |
| V-3-A.a | permettre une première explication de l'unité de l'espèce et de l'unicité de chaque être humain grâce à l'introduction de la notion de <u>programme génétique</u> | 1.6 résultats |

Modulation des résultats par les informations apportées par les documents d'accompagnement

En sciences de la vie et de la Terre, des documents d'accompagnement ont été conçus par les groupes disciplinaires pour expliciter les programmes². Même si ces documents n'ont pas valeur de textes réglementaires, ils constituent une lecture des programmes par le groupe disciplinaire qui les a élaborés. Il nous a semblé intéressant de relever pour les savoirs, tâches, et visées retenus dans le corpus d'analyse les commentaires associés dans les documents d'accompagnements afin de voir dans quelle mesure ils confirment, voire renforcent le référencement potentiel que nous proposons ou au contraire s'inscrivent en tension avec les contenus et visées explicités dans le programme.

Les apports des documents d'accompagnement seront indiqués au fur et à mesure.

b. Analyse globale des résultats du codage

Repérage des pratiques sociales sélectionnées ou pas comme référence pour les SVT « en directives »

Une analyse reprenant l'ensemble des résultats sera conduite afin d'identifier les principales pratiques sociales relevant de la génomique ou de la post-génomique ou contribuant à les appréhender sélectionnées pour les SVT « en directives » pour l'ensemble du cursus. Les pratiques sociales absentes seront pointées.

Une comparaison des différentes pratiques sélectionnées comme référence aux différents niveaux sera conduite afin d'identifier d'éventuelles spécificités de niveau ou de filière.

Repérage des caractéristiques des pratiques sociales sélectionnées retenues ou pas comme référence pour les SVT « en directives »

Une analyse reprenant l'ensemble des résultats sera conduite afin d'identifier les principales caractéristiques des différents types de pratiques retenues comme référence pour les contenus

² Les références sont proposées dans la bibliographie dans la partie réservée aux textes officiels.

et visées des SVT « en directives » pour l'ensemble du cursus. Les caractéristiques absentes seront pointées.

Une comparaison des caractéristiques retenues comme référence pour les contenus et visées des différents niveaux et filières sera également conduite.

Enfin l'image des SVT « en directives » renvoyée par les sélections de pratiques de référence et de caractéristiques des pratiques sera discutée.

B. Résultats et analyse niveau par niveau :

1. En troisième

a. Pratiques de référence sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées relevant de la génétique

Le **tableau 39**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage des différentes unités d'analyse (**tableau 51** des annexes de la partie IV, p.205). Pour chaque sous-dimension, le nombre d'occurrence pour un type d'unité d'analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d'unités d'analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension.

Le nombre de cases grisées indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives ».

Tableau 39 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (3^{ème})

| Dimensions | Sous-dimensions | Unités d'analyse correspondant à des | | |
|---|------------------|--------------------------------------|----------|--------|
| | | savoirs | tâches | visées |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | |
| | 1.2 : PG | | | |
| | 1.3 : techniques | | | |
| | 1.4 : histoire | | | |
| | 1.5 : vision | 2 | 1 | 2 |
| | 1.6 : Ressource | 4 | 1 | 2 |
| | 1.7 : autres | 17 | 10 + 4S | 1 |
| Pratiques médicales | 2.1 : diagnostic | 1 | | |
| | 2.2 : prédiction | 1 | | |
| | 2.3 : innovation | | | |
| | 2.4 : autres | 1 | 1 | |
| Pratiques de production industrielle et agricole | 3.1 : R&D | | | |
| | 3.2 : protéines | | | |
| | 3.3 : OGM | | | |
| | 3.4 : autres | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 : sur GPG | 1 | | |
| | 4.2 : autres | | | |
| Autres pratiques | 5.1 : GPG | | | |
| | 5.2 : autres | | | |
| importance relative des pratiques sociales comme référence pour les SVT « en directives » de 3 ^{ème} | | marginale | présente | forte |
| Total de références = 44 | | | | |

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées de 3ème :**

En 3^{ème}, les pratiques sociales **majoritairement** sélectionnées comme référence par es contenus et visées sont les **pratiques sociales de recherche scientifique en génétique (1.7)** ne relevant pas de la génomique et de la post-génomique, ni de pratiques pouvant contribuer à mieux les appréhender (28 références sur 44). Massivement et paritairement mobilisées par les savoirs et les tâches, ces pratiques sont minoritaires dans les visées.

Viennent ensuite les **pratiques sociales de recherche scientifique pouvant contribuer à mieux appréhender la génomique** (biologie moléculaire classique et génie génétique) (7 références sur 44) surtout présentes à travers la référence à la notion de programme génétique mobilisée dans les savoirs et les visées. Une seule tâche se réfère à ces pratiques (transfert de noyaux).

Les **pratiques sociales de recherche scientifique s'inscrivant dans la nouvelle vision** sont présentes comme référence mais sont essentiellement mobilisées par les visées.

Enfin, des savoirs et des tâches associés à l'enseignement d'éléments de génétique des programmes de SVT de 3^{ème} se réfèrent **marginale**ment à des **pratiques médicales** (conditions pouvant justifier une IVG (S-3-E-1.2.a)) **ou citoyennes** (vigilance par rapport à la biodiversité en relation avec les modifications du patrimoine génétique (S-3-E-2.2.a)). **Aucune visée ne mobilise ces références.**

Seules 12 unités d'analyse sur 44 se réfèrent potentiellement à des pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou à des pratiques contribuant à les appréhender.

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches et les visées**

Les pratiques sociales sélectionnées pour les savoirs et les tâches reflètent globalement les sélections décrites pour l'ensemble des unités d'analyse de génétique.

Les unités d'analyse associées aux savoirs sont celles qui mobilisent la plus grande diversité de références (des références à trois types de pratiques de recherche, aux pratiques médicales et citoyennes).

Les unités d'analyse associées aux tâches se réfèrent très majoritairement aux pratiques de recherche en génétique classique. Seulement 2 tâches se réfèrent potentiellement à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique ou de la post-génomique

Une hiérarchie spécifique des références pour les visées

Par contre, il est intéressant de noter que les pratiques sociales sélectionnées pour les unités d'analyse associées à des visées ne reflètent pas la hiérarchie des sélections opérées pour les savoirs et les tâches. En effet, les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5), les pratiques de recherche associées à la biologie moléculaire et au génie génétique classique (1.6) et les pratiques de recherche en génétique classique (1.7) sont présentes quasiment à parité. Une légère **survalorisation des références aux pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision** (notamment l'idée d'interaction entre l'organisme et son environnement, l'influence du milieu sur l'établissement des caractères) et **des références aux pratiques de biologie moléculaire classique** (notion de programme génétique) peut même être notée.

Nous souhaitons, en outre, souligner que les visées se réfèrent à des pratiques dont les cadres paradigmatiques sont **en tension** : les pratiques de recherche en biologie moléculaire et génie génétique classique s'inscrivent plutôt dans la vision informationnelle contrairement aux pratiques de la sous-dimension 1.5 qui s'inscrivent dans la nouvelle vision.

Enfin, les visées ne se réfèrent qu'à des pratiques de recherche scientifique.

- **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées :**

Parmi les pratiques sociales de recherche scientifique sont absentes les pratiques de recherche en génomique, en post-génomique, les pratiques de recherche incluant des résultats et des ressources issues de la génomique ainsi que les pratiques de recherche en histoire des sciences.

Si de rares contenus se réfèrent à des pratiques médicales ou citoyennes, aucun ne se réfère à des pratiques de production industrielle ou agricole ou encore à d'autres pratiques.

Bilan :

Les contenus et visés de 3^{ème} associés à un enseignement de génétique se réfèrent :

- à un nombre limité de pratiques sociales : pratique de recherche scientifique, pratiques médicales et éthiques ;
- majoritairement à des pratiques sociales de recherche scientifique ;
- majoritairement pour les tâches et les savoirs à des pratiques de recherche en génétique classique, minoritairement à des pratiques de recherche permettant d'appréhender les pratiques de génomique et de post-génomique et pas du tout à des pratiques de recherche relevant de la génomique ou de la post-génomique ;
- Pour les visées à des pratiques en tension du point de vue de leur paradigme (biologie moléculaires et pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision).

Seules 12 unités d'analyse sur 44 se réfèrent potentiellement à des pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou à des pratiques contribuant à les appréhender.

b. Pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou pratiques contribuant à mieux les appréhender sélectionnées pour les contenus et visées de 3^{ème}

Les contenus et visés (**tableau 51** des annexes de la partie IV, p.205) se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique se réfèrent **majoritairement aux pratiques de recherches contribuant à mieux les appréhender (10/12) et marginalement aux pratiques médicales et citoyennes (2/12).**

La totalité des unités d'analyse associées aux visées se réfèrent à ces pratiques, 7 unités d'analyse associées aux savoirs sur 23 s'y réfèrent et 1 unité d'analyse associée aux tâches sur 15 s'y réfère.

Le **tableau 57** des annexes de la partie IV (p.231) **propose** pour chaque unité d'analyse se référant à des pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou à de pratiques contribuant à les appréhender les caractéristiques de ces pratiques auxquelles elle se réfère.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche contribuant à mieux appréhender la génomique et la post-génomique :**

Parmi ces pratiques sociales, celles majoritairement sélectionnées comme référence sont les pratiques associées aux pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (6/10).

Les résultats des pratiques de biologie moléculaire classique et notamment la **notion de programme génétique** pour expliquer les relations entre gène et caractère sont majoritairement mobilisés par les visées et les savoirs se référant à ces pratiques.

Une tâche se réfère à ces pratiques (**A-3-A-1.c**). Elle se réfère à une technique de génie génétique : le transfert de noyaux.

Potentiellement, l'interprétation d'expériences sur les transferts de noyaux peut permettre une discussion sur l'influence de l'environnement sur l'expression du génome. C'est pourquoi nous avons également codé cette tâche comme se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5). Il s'agit d'une **référence possible**

En tension, des unités d'analyse associées à des visées et à des savoirs (4/10) se réfèrent aux pratiques de recherche scientifique s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Ces visées et savoirs se réfèrent exclusivement aux résultats de ces pratiques et notamment à l'idée que **les caractères résultent de l'expression du génotype et des conditions de vie**.

- **Contenus et visées se référant à de pratiques médicales ou citoyennes : des références possibles à des pratiques génomique ou post-génomique**

Il s'agit exclusivement d'unités d'analyse associées à des savoirs. Leur rattachement à des pratiques médicales ou citoyennes relevant de la génomique ou de la post-génomique est possible.

L'unité **S-3-E-1.2.a** « **Dans certaines conditions, une interruption volontaire de grossesse (IVG) peut être pratiquée sous contrôle médical** » a été codée comme se référant à des pratiques médicales en 2.1/2.2 et 2.4. En effet, des pratiques incluant des instruments techniques renouvelés par les résultats des pratiques de recherche en génomique comme les tests génétiques diagnostics (2.1) ou prédictifs (2.2) peuvent faire partie des conditions qui ouvrent le droit à une IVG. D'autres pratiques techniques comme des analyses de caryotypes

peuvent également constituer une référence pour ces conditions (2.4). Les documents d'accompagnement n'apportent aucune précision.

L'unité **S-3-E-2.2.a**: « **Une vigilance à l'égard des prélèvements excessifs d'animaux et de végétaux, des modifications de milieux de vie ou du patrimoine génétique est nécessaire pour éviter de porter atteinte à la biodiversité** » a été codée comme se référant à des pratiques citoyennes en 4.1 et 4.2. Les modifications du patrimoine génétique font potentiellement référence aux OGM et à la transgénèse et aux débats qu'ils suscitent. Les débats sur la transgénèse et les OGM existaient avant le développement de la génomique et de la post-génomique (4.2) mais ils prennent une autre ampleur (4.1) avec l'impact des résultats de la génomique structurale sur les pratiques associées.

Les précisions qu'apportent les documents d'accompagnement ne permettent pas de trancher. « *En ce qui concerne la partie du programme relative à la responsabilité à l'égard de l'environnement, on insiste sur l'importance d'une gestion à long terme des ressources, respectueuse des équilibres naturels et du patrimoine biologique : concept du développement durable* » (Documents d'accompagnement pour les SVT de la classe de 3^{ème}).

Bilan :

Concernant les contenus et visées se référant à des pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou de pratiques contribuant à mieux les appréhender :

- Elles se réfèrent **majoritairement à des résultats** issus **exclusivement de pratiques contribuant à mieux les appréhender** : les pratiques de recherche en biologie moléculaire classique sont majoritaires et en tension du point de vue de l'inscription paradigmatique avec les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision. Cette tension est particulièrement visible pour les visées.
- **Ces pratiques de recherche contribuant à mieux les appréhender sont prises comme référence par toutes les visées, des savoirs et une seule tâche.**

Seules deux unités d'analyse associées aux savoirs se réfèrent à des pratiques autres que les pratiques de recherche. **Des références aux pratiques médicales et citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique sont possibles** : les énoncés associés aux unités de savoir les permettent.

Les documents d'accompagnement ne modifient pas fondamentalement, ni n'explicitent le sens de ces différents énoncés

2. En seconde

a. **Pratiques de référence sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées relevant de la génétique**

Le **tableau 40**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage (**tableau 52** des annexes de la partie IV, p.209) des différentes unités d'analyse. Pour chaque sous-dimension, le nombre d'occurrence pour un type d'unité d'analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d'unités d'analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension.

Le nombre de cases en « turquoise clair » indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives ».

Tableau 40 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (2nde)

| Dimensions | Sous-dimensions | Unités d'analyse correspondant à des | | |
|--|------------------|--------------------------------------|----------|--------|
| | | savoirs | tâches | visées |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | |
| | 1.2 : PG | | | |
| | 1.3 : techniques | | | |
| | 1.4 : histoire | | | |
| | 1.5 : vision | T | 1 | |
| | 1.6 : Ressource | 8 2T | 4 | 1 |
| | 1.7 : autres | 3 T | 2 | 1 |
| Pratiques médicales | 2.1 : diagnostic | | | |
| | 2.2 : prédiction | | | |
| | 2.3 : innovation | T | | |
| | 2.4 : autres | | | |
| Pratiques de production industrielle et agricole | 3.1 : R&D | | | |
| | 3.2 : protéines | T | | |
| | 3.3 : OGM | T | | |
| | 3.4 : autres | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 : sur GPG | T | | |
| | 4.2 : autres | T | | |
| Autres pratiques | 5.1 : GPG | T | | |
| | 5.2 : autres | T | | |
| scolaire | | | | |
| importance relative des différentes pratiques comme référence pour les SVT « en directives » de 2 nd e. | | marginale | présente | forte |
| Nombre total de références = 20 | | | | |

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées de la classe de 2^{nde}**

Les pratiques sociales majoritairement (13/20) sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées du programme de 2^{nde} sont **les pratiques de recherche scientifique en biologie moléculaire classique (1.6)**, pratiques pouvant contribuer à mieux appréhender la génomique. Particulièrement mobilisées pour les savoirs, elles le sont également pour les tâches et les visées.

Viennent ensuite **les pratiques de recherche scientifique en génétique du développement et en évolution (1.7)** (6/13) ne s'inscrivant ni dans la nouvelle vision ni ne prenant en compte les résultats ou techniques des pratiques de recherche en génomique ou en post-génomique. Mobilisées d'abord comme référence pour les savoirs, elles constituent 2 références pour les tâches et 1 pour les visées.

Enfin une tâche peut avoir comme **référence possible** des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5) ou des pratiques de génie génétique classique (1.6). Il s'agit de « l'analyse documentaire d'expérience de transgènèse ». Elle pourrait même se référer à des pratiques de recherche et développement en production industrielle ou agricole (3.1) (non codé).

Dans le programme, toutes les unités d'analyse associées à des savoirs, tâches ou visées se réfèrent à ces trois pratiques de recherche scientifique. Les pratiques médicales, industrielles ou citoyennes ne sont pas sélectionnées comme référence.

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches, les visées des programmes et les thèmes des documents d'accompagnement**

Les pratiques sociales sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées reflètent globalement celles décrites pour l'ensemble des unités d'analyse relevant d'un enseignement de génétique : elles se réfèrent majoritairement aux pratiques de recherche en biologie moléculaire classique puis aux pratiques de recherche autres notamment en génétique du

développement et en évolution et enfin de façon possible aux pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Les visées se réfèrent uniquement aux pratiques de recherche scientifique en biologie moléculaire classique (1.6) et en évolution (1.7). Aucune référence n'est faite à des pratiques relevant de la nouvelle vision (1.5).

Les contenus et visés des programmes de 2^{nde} se réfèrent donc majoritairement (13 unités d'analyse sur 18) à des pratiques de recherche scientifique pouvant contribuer à mieux appréhender la génomique. Une minorité des unités d'analyse relevant de la génétique (5/18) se réfèrent à des pratiques de recherche en génétique ne relevant pas de la génomique et de la post-génomique.

Les thèmes au choix des documents d'accompagnement se réfèrent par contraste à une **grande diversité de pratiques** : pratique de recherche scientifique en histoire de la génétique, pratiques de production industrielle, pratiques judiciaires, pratiques médicales et pratiques citoyennes.

Les intitulés des thèmes font référence explicitement aux pratiques de production industrielle en agroalimentaire ou dans le secteur pharmaceutique. La référence à la prise en compte pour ces pratiques des résultats de la génomique est possible.

De même, ils font explicitement référence à la thérapie génique (2.3) ou aux empreintes génétiques (5.1 ou 5.2) et à leurs aspects bioéthiques (4.1 ou 4.2), mais aucune référence précise n'est proposée : il s'agit de références possibles.

Enfin, si le thème sur la mutation induite et spontanée peut relever de pratiques de recherche scientifique en biologie moléculaire (1.6) ou en évolution (1.7), le thème « mutations et cancers liés aux facteurs de l'environnement » peut lui se référer à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique ou prenant en compte la nouvelle vision (1.6 ou 1.5).

La encore les références restent possibles.

- **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées**

Concernant les pratiques de recherche scientifique sont absentes les pratiques de recherche en génomique, en post-génomique, les pratiques incluant des résultats et des ressources issues de

la génomique ainsi que les pratiques de recherche en histoire des sciences en relation avec l'histoire de la génomique et de la post-génomique.

Les pratiques médicales, citoyennes ou les pratiques de production industrielle ou agricole n'ont pas été sélectionnées comme référence pour les contenus et visées des programmes qui ne se réfèrent qu'à des pratiques de recherche scientifique.

Par contre, les thèmes au choix se réfèrent à une grande diversité de pratiques : des pratiques médicales (thérapie génique), judiciaires (empreintes génétiques), citoyennes (bioéthique), des pratiques de production industrielles (agroalimentaire (OGM) ou pharmaceutique (protéines)). Enfin, des pratiques de recherche médicale sont proposées comme référence. L'explicitation incomplète des énoncés ouvre chacun de ces thèmes sur différentes références possibles prenant en compte ou pas les résultats et les techniques de la génomique ou la nouvelle vision.

Bilan :

Les contenus et visées associés à un enseignement d'éléments de génétique se réfèrent en 2^{nde} :

-uniquement à des pratiques de recherche scientifique ;

-majoritairement à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6)

Les références des savoirs, tâches et visées reflètent pour chacun des types d'unité d'analyse, les sélections repérées pour l'ensemble des unités d'analyse.

Les contenus et visés des programmes de 2^{nde} se réfèrent donc majoritairement (13 unités d'analyse sur 18) à des pratiques de recherche scientifique pouvant contribuer à mieux appréhender la génomique.

Par contraste, les thèmes aux choix se réfèrent à une grande diversité de pratiques : médicales, judiciaires, citoyennes, pratiques de production industrielle ou agricole, pratique de recherche scientifique médicale. Pour ces différents thèmes, une grande palette de références incluant ou pas des pratiques de génomique et/ou de post-génomique est offerte par la formulation générale proposée pour définir chaque thème.

b. Pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou pratiques contribuant à mieux les appréhender sélectionnées pour les contenus et visées de génétique de 2^{nde}

Les contenus et les visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique ou de la post-génomique se réfèrent à uniquement à des pratiques contribuant à mieux appréhender notamment la génomique puisqu'il s'agit de pratiques de recherche en biologie moléculaire et/ou en génie génétique classique.

Des savoirs, des tâches et plus marginalement des visées s'y réfèrent.

Le tableau 58 des annexes de la partie IV (p.232) propose pour chaque unité d'analyse se référant à ces pratiques, les caractéristiques auxquelles elle peut se référer.

Parmi les caractéristiques des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique, 11 unités d'analyse sur 13 se réfèrent à **des résultats de biologie moléculaire classique** notamment concernant la molécule d'ADN :

- La majorité des unités d'analyse de savoir (7/8) se réfère explicitement aux résultats concernant l'ADN, sa structure, sa fonction, sa relation avec les chromosomes, le gène, la variabilité de l'information génétique (mutations et allèles). La maîtrise de ces savoirs peut être considérée comme importante pour mieux appréhender les pratiques relevant de la génomique qui sont fondées sur le séquençage, l'analyse de la molécule d'ADN ;
- Une unité d'analyse de savoir se réfère à la notion de programme génétique pour rendre compte du contrôle du métabolisme et de la division des cellules ;
- Pour la transgénèse,
 - l'unité d'analyse de savoir associée se réfère explicitement à un résultat de biologie moléculaire classique : « l'universalité de la molécule d'ADN comme support de l'information génétique », qui constitue le principe scientifique sur lequel repose la technique de transgénèse ;
 - l'unité d'analyse correspondant à une tâche se réfère aux interprétations des expériences de transgénèse qui peuvent s'inscrire dans le cadre de la vision informationnelle de la biologie moléculaire ou du génie génétique classique ou dans

celui de la nouvelle vision en fonction des données et expériences choisies. La référence aux deux types de résultats est possible.

- enfin l'unité d'analyse correspondant à la visée se réfère à la notion de patrimoine génétique, notion se référant également au cadre conceptuel de la biologie moléculaire classique.

Une unité d'analyse correspondant à une tâche ne spécifie qu'un **objet** : « un modèle de la molécule d'ADN ». Il s'agit pour nous d'une référence à un résultat modélisé sous forme matérielle ou virtuelle des pratiques de biologie moléculaire classique.

Deux techniques utilisées par les pratiques de biologie moléculaire classique sont utilisées comme référence pour deux tâches :

- la mise en évidence d'ADN sur des chromosomes ;
- l'extraction d'ADN.

c. Les documents d'accompagnement proposent de nouvelles pratiques de référence : en ajout ou en tension

▪ Un ajout de pratiques de référence :

Aucune unité d'analyse du programme relevant de la génétique ne fait allusion au génotypage des individus (pratique de référence (5.1 ou 5.2 / dimension judiciaire, historique, ...)).

Par contre, le génotypage des individus est évoqué dans les documents d'accompagnement de la partie 2-B-II-2.

*« On notera à cette occasion [Chaque **gène** contient un message codé par la séquence des nucléotides. L'ensemble de ces messages constitue le **programme génétique**] qu'au sein d'une espèce, la séquence des nucléotides de l'ADN de chaque individu est unique.*

Elle trouve son application dans le génotypage des individus » (Document d'accompagnement du programme de SVT de la classe de 2^{nde}).

- **Une mise en tension de la référence à des pratiques de recherche en génétique du développement s'inscrivant dans la vision informationnelle avec des pratiques de recherche en génétique du développement s'inscrivant dans la nouvelle vision**

Les documents d'accompagnement proposent pour certaines des unités d'analyse de savoir que nous avons codées comme se référant à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6) ou à des pratiques de génétique de développement (1.7) **de nouvelles références issues des pratiques de biologie moléculaire et de génétique du développement s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5).**

Pour la partie 2-B-II-2 : « universalité et variabilité de la molécule d'ADN »

Nous avons noté que les expériences de transgénèse pouvaient s'interpréter soit en référence à des pratiques de biologie moléculaire classique (1.6), soit en référence à des pratiques de biologie moléculaire s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5). La prise en compte de la formulation des documents d'accompagnement qui souligne le lien possible entre la modification du génotype par transgénèse et la modification du phénotype et non pas un lien de causalité direct suggère d'inscrire l'interprétation des expériences de transgénèse dans le cadre d'un génie génétique qui s'inscrit plutôt dans la nouvelle vision.

Pour la partie 2-B-II-3 : « Parenté et diversité des organismes »

La mise en parallèle des unités d'analyse de « savoirs » du programme et des énoncés des documents d'accompagnement pour cette partie montre dans les documents d'accompagnement l'installation d'une tension entre des énoncés qui reprennent ceux du programme et qui insistent sur le contrôle du développement embryonnaire par un programme génétique de développement et des gènes apparentés et des énoncés qui les complètent en atténuant et modérant leur caractère déterministe et réductionniste et en introduisant l'idée d'un contrôle partagé entre l'information génétique et d'autres signaux (1.5).

Ces énoncés des documents d'accompagnement, que nous expliciterons dans le II de la partie IV, ne sont pas des explicitations simples des énoncés du programme. Ils apportent de nouvelles informations qui modifient le sens des énoncés du programme vers une vision plus complexe, moins génocentrée du développement embryonnaire. Le cadre de référence ne se

limite plus ici à des pratiques de génétique de développement classique (1.7) mais à des pratiques de génétique du développement qui s'inscrivent dans la nouvelle vision (1.5).

Bilan :

Les contenus et visées explicités dans le programme et se référant à des pratiques contribuant à mieux appréhender la génomique et la post-génomique, **se réfèrent majoritairement à des résultats et à quelques techniques de biologie moléculaire classique (sur la molécule d'ADN).**

Les documents d'accompagnement proposent

-de nouveaux contenus qui se réfèrent à une pratique de référence autre que les pratiques de recherche (référence possible à des caractéristiques de pratiques mobilisant des résultats, des techniques des pratiques de génomique et de post-génomique) ;

-une reformulation des unités d'analyse de savoir notamment de la partie « parenté et diversité des organismes » qui met ces savoirs en tension entre une référence à des pratiques de génétique du développement classique s'inscrivant dans une vision informationnelle et une référence à des pratiques de recherche en développement s'inscrivant dans la nouvelle vision.

-l'inscription en tension entre les deux visions est également présente pour la notion de transgénèse.

3. En première ES

a. Références sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées relevant de la génétique en 1^{ère} ES

Le **tableau 41**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage (**tableau 53** des annexes de la partie IV, p.212) des différentes unités d'analyse. Pour chaque sous-dimension, le nombre d'occurrence pour un type d'unité d'analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d'unités d'analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension.

Le nombre de cases en « jaune clair » indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives » de 1^{ère} ES.

Tableau 41 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (1^{ère} ES)

| Dimensions | Sous-dimensions | Unités d'analyse correspondant à des | | | |
|---|------------------|--------------------------------------|--------------|-------------|-------|
| | | Savoirs 19 | Tâches 10 | Visées 8 | |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | | |
| | 1.2 : PG | | | | |
| | 1.3 : techniques | 7 | 4 | 2 | |
| | 1.4 : histoire | | | | |
| | 1.5 : vision | 9 | 5 | 3 | |
| | 1.6 : Ressource | 7 | 4 | 2 | |
| | 1.7 : autres | 4 | 2 | | |
| Pratiques médicales | 2.1 : diagnostic | 3 | 1 | 1 | |
| | 2.2 : prédiction | 2 | 1 | | |
| | 2.3 : innovation | | | | |
| | 2.4 : autres | 1 | 1 | | |
| Pratiques de production industrielle et agricole | 3.1 : R&D | | | | |
| | 3.2 : protéines | 1 | | 1 | |
| | 3.3 : OGM | 1 | 1 | | |
| | 3.4 : autres | | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 : sur GPG | 2 | | 1 | |
| | 4.2 : autres | | | | |
| Autres pratiques | 5.1 : GPG | | | | |
| | 5.2 : autres | | | | |
| scolaire | | | | | |
| importance relative des différentes pratiques sociales comme référence pour les SVT « en directives » de 1 ^{ère} ES. | | 37 | marginale | présente | forte |

▪ **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées :**

Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées de l'enseignement scientifique de 1^{ère} ES sont très diverses : majoritairement des pratiques scientifiques de recherche (27 références sur 37), puis des pratiques médicales (6/37) et enfin des pratiques de production industrielle (2/37) et des pratiques citoyennes (2/37).

Les pratiques sociales **majoritairement** (9/37) sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées du programme de 1^{ère} ES sont **les pratiques de recherche scientifique s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5)**, pratiques pouvant contribuer à mieux appréhender la post-génomique. Particulièrement mobilisées pour les savoirs (5/9), elles le sont également pour les tâches (3/9) et les visées (1/9).

Viennent ensuite les pratiques de recherche scientifique incluant des résultats ou des ressources matérielles issues des pratiques de génomique (7/37), les pratiques de recherche en biologie moléculaire et génie génétique classique (7/37) .

Des pratiques de recherche en évolution ou en génétique des populations (1.7) s'appuyant sur des résultats ou des ressources en génétique (4/37) sont sélectionnées pour une minorité de contenus et visées.

Enfin ces contenus et visées se réfèrent :

- **à différentes pratiques médicales (6/37)** (diagnostic (3/37) (2.1), prédiction (2/37) (2.2) , pratiques pouvant inclure les résultats et les ressources des pratiques de recherche scientifique en génomique et d'autre pratiques médicales s'appuyant sur des ressources en génétique (1/37) (2.4)) ;
- **à des pratiques de production industrielle :** production de protéines (1/37) et production en sylviculture d'OGM végétaux par transgénèse (1/37) ;
- **à des pratiques citoyennes (2/37)** en relation avec les enjeux éthiques de la médecine prédictive, pratique médicale dont les enjeux éthiques font fortement écho à la prise en compte dans ces pratiques des résultats issus de pratiques de recherche en génomique médicale (tests génétiques).

La majorité (32/37) des contenus et visées de ces programmes se réfèrent à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique. Seuls les contenus et visées se référant à des pratiques de recherche scientifique autres en génétique (4/37) ou à des pratiques médicales s'appuyant sur des outils dont l'efficacité n'a pas été renforcée par les pratiques de recherche en génomique (1/37) ne s'y réfèrent pas.

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches et les visées**

Les pratiques sociales de référence sélectionnées respectivement pour les savoirs, les tâches et les visées reflètent globalement celles décrites pour l'ensemble des unités d'analyse : ces trois types d'unités d'analyse se réfèrent à des pratiques diverses, pratiques de recherche scientifique, pratiques médicales, pratiques de production industrielle, pratiques citoyennes. Seules les visées ne se réfèrent pas à des pratiques de production industrielle.

Pour les tâches et les savoirs, trois pratiques sociales de recherche scientifique se partagent les références : les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5) (9 références sur 32), puis les pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources des pratiques de génomique (1.3) (7/32), et les recherches en biologie moléculaire classique (1.6) (7/32).

Les unités d'analyse de savoir se réfèrent également à des pratiques de recherche en génétique et évolution (non centrée sur la comparaison ou la structure du génome) alors qu'aucune unité d'analyse correspondant aux tâches ne s'y réfère.

Concernant les pratiques médicales, les savoirs se réfèrent à des pratiques de diagnostic et de prédiction alors que les tâches ne se réfèrent qu'à des pratiques de diagnostic.

Pour les pratiques de production industrielle, une unité d'analyse de savoir fait référence aux pratiques de transgénèse dans le cadre de la sylviculture alors qu'une tâche se réfère aux pratiques de production industrielle de protéines intéressantes pour la santé.

Seule une unité d'analyse correspondant à une tâche se réfère à une pratique citoyenne.

Les savoirs et les tâches se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique.

Concernant les visées, elles se réfèrent à parité aux différentes pratiques de référence sélectionnées pour les contenus, à l'exception des pratiques de production industrielle.

Pour les pratiques de recherche scientifique, les visées se réfèrent aux pratiques incluant des ressources des pratiques de génomique (1.3), à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5), à des pratiques de biologie moléculaire classique (1.6) et à des pratiques de recherche en évolution et en génétique (1.7). Ces dernières pratiques, références minoritaires pour les tâches et les savoirs, constituent une référence à parité avec les autres pratiques de recherche pour les visées.

Une visée se réfère aux deux types de pratiques médicales relevant des pratiques de génomique et de post-génomique (diagnostic (2.1) et prédiction (2.2)) et aux pratiques citoyennes en relation avec la médecine prédictive (4.1).

- **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées**

Concernant les pratiques de recherche scientifique, sont absentes les pratiques de recherche en génomique, en post-génomique, les pratiques de recherche en histoire des sciences en relation avec l'histoire de la génomique et de la post-génomique.

Parmi les pratiques médicales retenues, seule la thérapie génique n'est pas sélectionnée comme référence.

Pour les pratiques de production industrielle, la référence codée en production d'OGM végétal peut également être comprise comme une référence à des pratiques de recherche et développement sur ce sujet.

Aucune des pratiques judiciaires ou économiques relevant de la génomique et de la post-génomique n'a été sélectionnée.

Bilan :

Les contenus et visées associés à un enseignement d'éléments de génétique en 1^{ère} ES se réfèrent :

- à une grande diversité de pratiques sociales : pratiques sociales de recherche scientifique, pratiques médicales (à différents types de pratiques), pratiques de production industrielle et pratiques citoyennes ;
- majoritairement à des pratiques de recherche scientifique surtout pour les savoirs et les tâches ;

Les trois pratiques majoritairement sélectionnées sont les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5), les pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issus des pratiques de recherche en génomique (1.3) et les pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6).

Pour les pratiques médicales, citoyennes et de production industrielle, les savoirs et les tâches se réfèrent à un nombre limité de références.

La majorité des unités d'analyse (32/37) se réfère à des pratiques de recherche, à des pratiques médicales, industrielles ou citoyennes relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique.

b. Pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou pratiques contribuant à mieux les appréhender sélectionnées pour les contenus et visées de la génétique de 1^{ère} ES

Les contenus et les visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique ou de la post-génomique se réfèrent :

- à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (biologie moléculaire et physiologie) (1.5) ;
- à des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues des pratiques de recherche en génomique (génétique des populations, certaines pratiques de recherche en évolution) (1.3) ;
- à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (relation ADN-protéine) (1.6) ;

- à des pratiques médicales de diagnostic (diagnostic prénatal) et de prédiction (médecine prédictive) qui peuvent inclure des résultats issus des pratiques de recherche en génomique (tests génétiques) et dont l'exercice a été rendu plus efficace par ces pratiques ;
- à des pratiques industrielles de production de protéines et de production d'OGM végétaux, pratiques toutes deux basées sur la transgénèse dont les potentialités sont augmentées par l'identification de gènes d'intérêt par des pratiques de recherche en génomique ou par l'utilisation de techniques issues des pratiques de recherche en génomique ;
- à des pratiques citoyennes de mise en débat de la médecine prédictive.

Le tableau 59 des annexes de la partie IV (p.234) propose pour chaque unité d'analyse se référant à ces pratiques, les caractéristiques auxquelles elle peut se référer.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5)**

9 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques : 5 unités correspondant à des savoirs, 3 à des tâches et 1 à une visée.

Les savoirs et les visées se réfèrent essentiellement à des résultats obtenus par ces pratiques et qui tous soulignent la complexité des relations entre génotype et phénotype. L'unité de savoir **S-1ES -TO-2.1.1.a** qui définit les différents niveaux d'organisation auxquels un phénotype peut être défini peut être considérée comme se référant à la démarche mise en œuvre dans ces pratiques.

Les unités d'analyse correspondant aux tâches n'explicitent que les exemples sur lesquels des tâches scolaires peuvent être menées (**exemples** : pigments des yeux de drosophile, albinisme, groupes sanguins ; drépanocytose, phénylcétonurie (effets du passage de la phénylalanine vers le tissu cérébral, de l'alimentation...) cancer (prédisposition familiale, rôle de l'environnement et de l'alimentation)). La référence de ces tâches à ces pratiques se limite aux objets d'étude favorables à la mise en évidence de cette complexité.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues des pratiques de recherche en génomique (1.3)**

7 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques, 4 unités correspondant à des savoirs, deux à des tâches et une à une visée.

Les savoirs et la visée se réfèrent essentiellement à des résultats obtenus en évolution ou en génétique des populations en mettant en œuvre des techniques et ou méthodes issues des pratiques de recherche en génomique (comme la comparaison des génomes). Deux des quatre unités d'analyse correspondant à des savoirs (S-1ES-TC-4.1.a S-1ES-TC-4.3.a) font également références aux techniques ou au type de données qui ont conduit à ces résultats.

Les deux unités d'analyse correspondant à des tâches explicitent des outils (logiciel d'analyse génique/ logiciel et banques de données), des objets (gènes des primates ; antitrypsine, HLA) et des finalités (établir l'apparentement homme-chimpanzé ; pour comparer les séquences de gènes et mettre en évidence le polymorphisme des gènes).

Ces outils, objets et finalités se réfèrent à des outils, objets d'étude et finalités des pratiques de référence.

La mise en correspondance entre les tâches prescrites et les pratiques de référence est donc ici assurée par la sélection pour ces tâches de références relevant de différentes caractéristiques de ces pratiques (1.3).

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6)**

6 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques : 4 unités correspondant à des savoirs, une activité et une visée.

La visée et les quatre unités d'analyse correspondant à des savoirs se réfèrent à des résultats de ces pratiques : expression de l'information génétique, relation entre gène et protéine, code génétique universel, rôle des protéines enzymatiques dans l'établissement du phénotype.

L'unité d'analyse correspondant à un savoir, **S-1ES -TO-2.1.2.e**, « La modification du génotype d'un organisme par transgénèse, qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l'universalité du code génétique », outre une référence au résultat selon lequel le code génétique est universel, explicite le principe technique et scientifique de la transgénèse ainsi que l'une de ses finalités.

L'unité d'analyse correspondant à une tâche indique des démarches à mettre en œuvre : « **Observation comparative de séquences de différents allèles et des séquences protéiques correspondantes, conséquences pour le phénotype macroscopique** ». Elle ne se réfère donc qu'à une caractéristique de ces pratiques.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques médicales (2.1 et 2.2)**

Deux unités d'analyse correspondant respectivement à un savoir et à une tâche se réfèrent à ces pratiques.

L'unité d'analyse correspondant à un savoir (**S-1ES-TO-2.2.e**) se réfère à la finalité des pratiques de diagnostic et de prédiction « **détecter la présence de certains allèles** chez un individu ».

L'unité d'analyse correspondant à une tâche (**A-1ES-TO-2.2.e .1**) se réfère à la technique de « diagnostic prénatal » utilisée par un médecin.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de production industrielle ou agricole (3.2 et 3.3)**

Deux unités d'analyse correspondant respectivement à un savoir et à une tâche se réfèrent à ces pratiques.

L'unité d'analyse correspondant à un savoir (**S-1ES -TC-2.2.3.a**) se réfère à la finalité des recherches en biotechnologie appliquées à la sylviculture et notamment à la transgénèse.

Nous proposons d'associer les recherches évoquées concernant la transgénèse à la production d'arbres OGM pour les forêts (d'où notre double codage en 3.1 et 3.3)

L'unité d'analyse correspondant à une tâche (**A-1ES-TO-2.1.2.b**) se réfère aux types de techniques (transgénèse intraspécifique, ou interspécifique) et aux protéines produites (production de nouvelles protéines (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...)). Tous les exemples retenus pour la production de protéines correspondent à des protéines d'intérêt médical.

▪ **Contenus et visées se référant à des pratiques citoyennes (4.1)**

Deux unités d'analyse, l'une correspondant à une tâche, l'autre à une visée se réfèrent à ces pratiques.

L'unité d'analyse correspondant à la visée (**V-1ES -TO-2.c**) explicite une tâche et des questions qui posent problème. Elle se réfère donc à la fois aux techniques mises en œuvre dans les pratiques citoyennes mais aussi à un type de question en débat : l'utilisation des biotechnologies dans le domaine biomédical (test génétique et médecine prédictive)

L'unité d'analyse correspondant à une tâche (**A-1ES-TO-2.2.e .2**) se réfère à la technique du débat mis en œuvre dans les pratiques citoyennes. La diversité des dimensions à prendre en compte est soulignée par la mise en relation à établir avec l'enseignement d'éducation civique, juridique et social.

Bilan :

Concernant les contenus et visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique :

- **ils se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique utilisant des résultats des pratiques de génomique ou de pratiques contribuant à mieux appréhender les pratiques de génomique et de post-génomique** : pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision, pratiques de recherches incluant des résultats, des techniques des pratiques de recherche de la génomique, pratiques de recherche en biologie moléculaire classique ;
- **mais ils se réfèrent également à d'autres pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique** : pratiques médicales, citoyennes et de production industrielle ;
- **les tâches, les visées et les savoirs se réfèrent explicitement en général à une ou deux caractéristiques de ces pratiques (le plus souvent des résultats) sauf dans le cas des tâches qui se réfèrent à des pratiques de recherche incluant des ressources issues des pratiques de recherche en génomique où les tâches se réfèrent à au moins quatre caractéristiques.**

Les documents d'accompagnement ne modifient pas fondamentalement le sens de ces énoncés et n'apportent pas de nouveaux éléments en termes de référence.

4. En première L

a. Pratiques de référence sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées relevant de la génétique en 1^{ère}L

Le **tableau 42**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage (**tableau 54** des annexes de la partie IV, p.216) des différentes unités d'analyse. Pour chaque sous-dimension, le nombre d'occurrence pour un type d'unité d'analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d'unités d'analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension.

Le nombre de cases en « vert clair » indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives » de 1^{ère} L.

Tableau 42 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (1^{ère} L)

| Dimensions | Sous-dimensions | 36 | nombre d'unités d'analyse correspondant à des | | |
|--|------------------|----|---|-----------------------|----------------------|
| | | | Savoirs (19 unités) | Tâches (10 unités) | Visées (6 unités) |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | | |
| | 1.2 : PG | | | | |
| | 1.3 : techniques | 7 | 4 | 2 | 1 |
| | 1.4 : histoire | | | | |
| | 1.5 : vision | 10 | 6 | 3 | 1 |
| | 1.6 : Ressource | 6 | 4 | 1 | 1 |
| | 1.7 : autres | 6 | 3 | 1 | 2 |
| Pratiques médicales | 2.1 : diagnostic | 2 | 1 | 1 | |
| | 2.2 : prédiction | 1 | 1 | | |
| | 2.3 : innovation | | | | |
| | 2.4 : autres | 1 | 1 | | |
| Pratiques de production industrielle et agricole | 3.1 : R&D | | | | |
| | 3.2 : protéines | 1 | | 1 | |
| | 3.3 : OGM | | | | |
| | 3.4 : autres | | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 : sur GPG | 2 | | 1 | 1 |
| | 4.2 : autres | | | | |
| Autres pratiques | 5.1 : GPG | | | | |
| | 5.2 : autres | | | | |
| scolaire | | | | | |
| importance relative des différentes pratiques sociales comme référence implicite pour les SVT « en directives » de 1 ^{ère} L. | | 36 | marginale | présente | forte |

Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées de 1^{ère} L présentent une forte proximité avec celles de 1^{ère} ES. En effet les thèmes du programme contenant des éléments d'enseignement de génétique sont identiques à l'exception de deux thèmes, l'un spécifique à la première ES et l'autre à la première L.

Le thème spécifique à la première ES est :

« Une ressource naturelle : le bois » qui contient une unité d'analyse de savoir qui comme nous l'avons vu se réfère aux finalités des pratiques de recherche et de développement en production industrielle ou à des pratiques de recherche appliquée sur les OGM forestiers.

Ce thème est absent des programmes de 1^{ère} L pour l'enseignement scientifique relevant des SVT « en directives ».

Le thème spécifique à la première L, absent des programmes de 1^{ère} ES, est le thème portant sur la représentation visuelle.

▪ **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées :**

Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées de l'enseignement scientifique de 1^{ère} L sont très diverses : majoritairement des pratiques scientifiques de recherche (29 /36), puis des pratiques médicales (4/36) et enfin des pratiques de production industrielle (1/36) et des pratiques citoyennes (2/36).

Les pratiques sociales **majoritairement** (10/36) sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées du programme de 1^{ère} L sont **les pratiques de recherche scientifique s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5)**, pratiques pouvant contribuer à mieux appréhender la post-génomique. Particulièrement mobilisées pour les savoirs (5/9), elles le sont également pour les tâches (3/9) et les visées (1/9).

Viennent ensuite les pratiques de recherche scientifique incluant des résultats ou des ressources matérielles issues des pratiques de génomique (7/36), les pratiques de recherche en biologie moléculaire et génie génétique classique (6/36) , ainsi que des pratiques de recherche

en évolution, en génétique des populations ou en neurophysiologie (1.7) s'appuyant sur des résultats ou des ressources génétiques (6/36).

Enfin ces contenus et visées se réfèrent :

- **à différentes pratiques médicales (4/36)** (diagnostic (2/36) (2.1), prédiction (1/36) (2.2)), pratiques pouvant inclure les résultats et les ressources des pratiques de recherche scientifique en génomique et à d'autres pratiques médicales s'appuyant sur des ressources en génétique (1/36) (2.4) ;
- **à des pratiques de production industrielle :** production de protéines (1/42)
- **à des pratiques citoyennes (2/36)** en relation avec les enjeux éthiques de la médecine prédictive, pratique médicale dont les enjeux éthiques font fortement écho à la prise en compte dans ces pratiques des résultats issus de pratiques de recherche en génomique médicale (tests génétiques).

La majorité (29/36) des contenus et visées de ces programmes se réfèrent à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique. Seuls les contenus et visées se référant à des pratiques de recherche scientifique autres en génétique (6/36) ou à des pratiques médicales s'appuyant sur des outils dont l'efficacité n'a pas été renforcée par les pratiques de recherche en génomique (1/42) ne s'y réfèrent pas.

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches et les visées.**

Les pratiques sociales de référence sélectionnées respectivement pour les savoirs, les tâches et les visées reflètent globalement celles décrites pour l'ensemble des unités d'analyse : ces trois types d'unité d'analyse se réfèrent à des pratiques diverses, pratiques de recherche scientifique, pratiques médicales, pratiques de production industrielle, pratiques citoyennes. Seules les visées ne se réfèrent ni à des pratiques de production industrielle ni aux pratiques médicales.

Références aux pratiques de recherche scientifique

Pour les savoirs, quatre pratiques sociales de recherche scientifique se partagent les références : les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5 ; 6/17), puis les pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources des pratiques de génomique (1.3 ; 4/17), et les recherches en biologie moléculaire classique (1.6 ; 4/17) et enfin les pratiques autres incluant de la génétique (3/17) (ici neurophysiologie et évolution).

Les visées se réfèrent équitablement aux quatre pratiques de recherche scientifique.

Quant aux tâches, elles se réfèrent davantage aux pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision et aux pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues de la génomique.

Autres pratiques de référence :

Concernant les pratiques médicales, les savoirs se réfèrent à des pratiques de diagnostic et de prédiction alors que les tâches ne se réfèrent qu'à des pratiques de diagnostic.

Pour les pratiques de production industrielle, une tâche se réfère aux pratiques de production industrielle de protéines intéressantes pour la santé.

Seules deux unités d'analyse correspondant respectivement à une tâche et à une visée se réfèrent à des pratiques citoyennes.

Les savoirs, les tâches et les visées se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique.

- **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées**

Concernant les pratiques de recherche scientifique, sont absentes les pratiques de recherche en génomique, en post-génomique, les pratiques de recherche en histoire des sciences en relation avec l'histoire de la génomique et de la post-génomique.

Parmi les pratiques médicales retenues, seule la thérapie génique n'est pas sélectionnée comme référence.

Pour les pratiques de production industrielle, seule la production de protéines est prise comme référence, la production d'OGM est, par exemple, absente.

Aucune des pratiques judiciaires ou économiques relevant de la génomique et de la post-génomique n'a été sélectionnée.

Bilan :

Les contenus et visées associés à un enseignement d'éléments de génétique en 1^{ère} L se réfèrent :

- à une grande diversité de pratiques sociales : pratiques sociales de recherche scientifique, pratiques médicales (à différents types de pratiques), pratiques de production industrielle et pratiques citoyennes ;
- majoritairement à des pratiques de recherche scientifique surtout pour les savoirs, les tâches et les visées.

Les trois pratiques majoritairement sélectionnées sont les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5), les pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issus des pratiques de recherche en génomique (1.3) et les pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6).

Pour les pratiques médicales, citoyennes et de production industrielle, savoirs et tâches ne se réfèrent qu'à un nombre limité de pratiques (médecine prédictive et diagnostic prénatal ; suivi de grossesse ; production de protéines intéressantes pour la santé par transgénèse ; problème éthiques associés à la médecine prédictive).

La majorité des unités d'analyse (29/36) se réfèrent à des pratiques de recherche, ou à des pratiques médicales, industrielles ou citoyennes relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique.

b. Pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou pratiques contribuant à mieux les appréhender sélectionnées pour les contenus et visées de génétique de 1^{ère} L

Les contenus et les visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique ou de la post-génomique se réfèrent :

- à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (biologie moléculaire et physiologie) (1.5) ;
- à des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues des pratiques de recherche en génomique (génétique des populations, certaines pratiques de recherche en évolution) (1.3) ;
- à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (relation ADN-protéine) (1.6) ;
- à des pratiques médicales de diagnostic (diagnostic prénatal) et de prédiction (médecine prédictive) qui peuvent inclure des résultats issus des pratiques de recherche en génomique (tests génétiques) et dont l'exercice a été rendu plus efficace par ces pratiques ;
- à des pratiques industrielles de production de protéines, pratiques toutes deux basées sur la transgénèse dont les potentialités sont augmentées par l'identification par des pratiques de recherche en génomique ou par l'utilisation de techniques issues des pratiques de recherche en génomique ;
- à des pratiques citoyennes de mise en débat de la médecine prédictive.

Le tableau 60 des annexes de la partie IV (p.238) propose pour chaque unité d'analyse se référant à ces pratiques, les caractéristiques auxquelles elle se réfère.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5)**

10 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques : 6 unités correspondant à des savoirs, 3 à des tâches et 1 à une visée.

Les savoirs et les visées se réfèrent essentiellement à des résultats obtenus par ces pratiques et qui tous soulignent la complexité des relations entre génotype et phénotype. L'unité de savoir (S-1L-TC -TO-2.1.1.a) qui définit les différents niveaux d'organisation auxquels un phénotype peut être défini peut être considérée comme se référant à la démarche mise en œuvre dans ces pratiques.

Les pratiques de recherche utilisées comme référence s'enrichissent en 1^{ère} L des pratiques de recherche en neurophysiologie s'inscrivant dans cette nouvelle vision.

Les unités d'analyse correspondant aux tâches n'explicitent que les exemples sur lesquels des tâches scolaires peuvent être menées (exemples : pigments des yeux de drosophile, albinisme, groupes sanguins ; drépanocytose, phénylcétonurie (effets du passage de la phénylalanine vers le tissu cérébral, de l'alimentation...) cancer (prédisposition familiale, rôle de l'environnement et de l'alimentation)). La référence de ces tâches à ces pratiques se limite aux objets d'étude favorables à la mise en évidence de cette complexité.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues des pratiques de recherche en génomique (1.3)**

7 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques, 4 unités correspondant à des savoirs, deux à des tâches et une à une visée.

Les savoirs et les visées se réfèrent essentiellement à des résultats obtenus en évolution ou en génétique des populations en mettant en œuvre des techniques ou des méthodes issues des pratiques de recherche en génomique (comme la comparaison des génomes). Deux des quatre unités d'analyse correspondant à des savoirs (S-1L-TC-3.1.a ; S-1L-TC-3.3.a) font également références aux techniques ou au type de données qui ont conduit à ces résultats.

Les deux unités d'analyse correspondant à des tâches explicitent des outils (logiciel d'analyse génique/ logiciel et banques de données), des objets (gènes des primates ; antitrypsine, HLA) et des finalités (établir l'apparentement homme-chimpanzé ; pour comparer les séquences de gènes et mettre en évidence le polymorphisme des gènes).

Ces outils, objets et finalités se réfèrent à des outils, objets d'étude et finalités des pratiques de référence.

Il est à noter que ces tâches se réfèrent pour ces pratiques à un grand nombre de caractéristiques.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6)**

6 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques : 4 unités correspondant à des savoirs, une à des activités et une à des visées.

La visée et les quatre unités d'analyse correspondant à des savoirs se réfèrent à des résultats de ces pratiques : expression de l'information génétique, relation entre gène et protéine, code génétique universel, rôle des protéines enzymatiques dans l'établissement du phénotype.

L'unité d'analyse correspondant à un savoir, **S-1L-TC -2.1.2.e** « La modification du génotype d'un organisme par transgénèse, qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l'universalité du code génétique », outre une référence au résultat selon lequel le code génétique est universel explicite le principe technique et scientifique de la transgénèse ainsi que l'une de ses finalités.

L'unité d'analyse correspondant à une tâche indique des démarches à mettre en œuvre : « Observation comparative de séquences de différents allèles et des séquences protéiques correspondantes, conséquences pour le phénotype macroscopique ». Elle ne se réfère donc qu'à une caractéristique de ces pratiques.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques médicales (2.1 et 2.2)**

Deux unités d'analyse correspondant respectivement à un savoir et à une tâche se réfèrent à ces pratiques.

L'unité d'analyse correspondant à un savoir (**S-1L-TC -2.2.e**) se réfère à la finalité des pratiques de diagnostic et de prédiction : « détecter la présence de certains allèles chez un individu ».

L'unité d'analyse correspondant à une tâche (**A-1L-TC -2.2.c**) se réfère à la technique de « diagnostic prénatal » utilisée par un médecin.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques de production industrielle ou agricole (3.2 et 3.3)**

Une unité d'analyse correspondant à une tâche se réfère à ces pratiques.

L'unité d'analyse A-1L-TC -2.1.2.b se réfère aux types de techniques (transgénèse intraspécifique, ou interspécifique) et aux protéines produites (production de nouvelles protéines (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...)).

Tous les exemples retenus correspondent à des protéines d'intérêt médical.

- **Contenus et visées se référant à des pratiques citoyennes (4.1)**

Deux unités d'analyse, l'une correspondant à une tâche, l'autre à une visée se réfèrent à ces pratiques.

L'unité d'analyse correspondant à la visée (V-1L-TC-2.c) explicite une tâche et des questions qui posent problème. Elle se réfère donc à la fois aux techniques mises en œuvre dans les pratiques citoyennes mais aussi à un type de question en débat : l'utilisation des biotechnologies dans le domaine biomédical (test génétique et médecine prédictive).

L'unité d'analyse correspondant à une tâche (A-1L-TC -2.2.d) se réfère à la technique du débat mise en œuvre dans les pratiques citoyennes. La diversité des dimensions à prendre en compte est soulignée par la mise en relation à établir avec l'enseignement d'éducation civique, juridique et social.

Bilan :

Concernant les contenus et visées de 1^{ère} L se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique :

- **ils se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique utilisant des résultats des pratiques de génomique ou contribuant à mieux appréhender les pratiques de génomique et de post-génomique** : pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision, pratiques de recherche incluant des résultats, des techniques des

pratiques de recherche de la génomique, pratique de recherche en biologie moléculaire classique ;

- **pour les pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision**, des résultats de biologie moléculaire sont mobilisés ainsi que des résultats articulant des travaux de neurophysiologie et de génétique du développement (représentation visuelle) ;
- **mais ils se réfèrent également à d’autres pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique** : pratiques médicales, citoyennes et de production industrielle ;
- **les tâches, les visées et les savoirs** se réfèrent explicitement en général à une ou deux caractéristiques de ces pratiques (le plus souvent des résultats) sauf dans le cas des tâches se référant à des pratiques de recherche incluant de ressources issues des pratiques de recherche en génomique où les tâches se réfèrent à au moins quatre caractéristiques.

Les documents d’accompagnement ne modifient pas fondamentalement le sens de ces énoncés et n’apportent pas de nouveaux éléments en termes de référence.

5. En première S

a. **Références sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées relevant de la génétique**

Le **tableau 43**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage (**tableau 55** des annexes de la partie IV, p.220) des différentes unités d’analyse. Pour chaque sous-dimension, le nombre d’occurrence pour un type d’unité d’analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d’unités d’analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension.

Le nombre de cases en « bleu clair » indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives » de 1^{ère} S.

Tableau 43 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (1^{ère} S)

| Dimensions | Sous-dimensions | Unités d'analyse correspondant à des | | | |
|--|------------------|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| | | Savoirs (25 unités) | Tâches (12 unités) | Visées (17 unités) | |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | | |
| | 1.2 : PG | | | | |
| | 1.3 : techniques | | | | |
| | 1.4 : histoire | | | | |
| | 1.5 : vision | 30 | 10 | 7 | |
| | 1.6 : Ressource | 21 | 13 | 4 | |
| | 1.7 : autres | 1 | | 1 | |
| Pratiques médicales | 2.1 : diagnostic | | | | |
| | 2.2 : prédiction | 2 | 1 | 1 | |
| | 2.3 : innovation | | | | |
| | 2.4 : autres | | | | |
| Pratiques de production industrielle et agricole | 3.1 : R&D | | | | |
| | 3.2 : protéines | | | | |
| | 3.3 : OGM | | | | |
| | 3.4 : autres | | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 : sur GPG | 2 | 1 | 1 | |
| | 4.2 : autres | | | | |
| Autres pratiques | 5.1 : GPG | | | | |
| | 5.2 : autres | | | | |
| scolaire | | | | | |
| importance relative des différentes pratiques comme référence implicite pour les SVT « en directives » de 1 ^{ère} ES. | | 56 | marginale | présente | forte |

▪ **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées :**

Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées du programme de SVT de 1^{ère} S présentent un fort contraste entre des pratiques de recherche fortement sélectionnée (52 références sur 56) et des pratiques médicales et citoyennes sélectionnées de façon très marginale (4 références sur 56).

Les pratiques sociales **majoritairement** (30 références sur 56) sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées du programme de 1^{ère} S sont :

- **les pratiques de recherche scientifique s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5)**, pratiques pouvant contribuer à mieux appréhender la post-génomique. Particulièrement mobilisées pour les visées (13/30), elles le sont également pour les savoirs (10/30) et les tâches (7/30) ;
- **les pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6) (21/56)**. Ces références sont particulièrement mobilisées par les savoirs (13/21) et dans une moindre mesure pour des tâches (4/21) ou des visées (4/21).

Enfin ces contenus et visées se réfèrent de façon marginale

- **à différentes pratiques médicales (2/56)** (prédiction (2.2), pratiques pouvant inclure les résultats et les ressources des pratiques de recherche scientifique en génomique);
- **à des pratiques citoyennes (2/56)** en relation avec les enjeux éthiques de la médecine prédictive, pratique médicale dont les enjeux éthiques font fortement écho à la prise en compte dans ces pratiques des résultats issus de pratiques de recherche en génomique médicale (tests génétiques) ;
- **une unité d'analyse correspondant à une tâche se réfère à des pratiques de recherche autres.**

La quasi-totalité (55/56) des contenus et visées de ces programmes se réfèrent à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique. Seule la tâche se référant à des pratiques de recherche scientifique autres en génétique (1.7) ne s'y réfèrent pas.

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches et les visées**

Les pratiques sociales de référence sélectionnées pour les visées reflètent globalement celles décrites pour l'ensemble des unités d'analyse : une majorité se réfèrent aux pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (13/19), puis une minorité se réfère aux pratiques de biologie moléculaire classique (4/19) et de façon marginale aux pratiques médicales et citoyennes (1/19 et 1/19).

Les tâches se réfèrent exclusivement à des pratiques de recherche scientifique : majoritairement à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision, de façon moins importante à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique et une tâche se réfère à des pratiques de recherche autres.

Les savoirs quant à eux se réfèrent à l'ensemble des pratiques citées comme référence pour les contenus et visées des SVT « en directives » de 1^{ère} S. Néanmoins, les savoirs se réfèrent à part égale aux pratiques de recherche en biologie moléculaire (13/25) et aux pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (10/25). Ils se réfèrent comme les visées de façon marginale aux pratiques médicales (médecine prédictive) et aux pratiques citoyennes.

Les savoirs, les tâches et les visées se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique.

- **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées**

Concernant les pratiques de recherche scientifique, sont absentes les pratiques de recherche en génomique, en post-génomique, les pratiques de recherche en histoire des sciences en relation avec l'histoire de la génomique et de la post-génomique, les pratiques de production industrielle et agricole ainsi que les autres pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique.

Bilan :

Les contenus et visées de 1^{ère} S associés à un enseignement d'éléments de génétique se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique et marginalement pour les savoirs et les visées à des pratiques médicales et citoyennes.

Les deux pratiques majoritairement sélectionnées sont les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5) et les pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6).

La quasi-totalité des unités d'analyse (55/56) se réfèrent à des pratiques de recherche scientifique, ou à des pratiques médicales ou citoyennes relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique.

b. Pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou pratiques contribuant à mieux les appréhender sélectionnées pour les contenus et visées de génétique de 1^{ère} S

Les contenus et les visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique ou de la post-génomique se réfèrent :

- à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (biologie moléculaire et physiologie) (1.5) ;
- à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (relation ADN-protéine) (1.6) ;
- à des pratiques médicales de prédiction (médecine prédictive) qui peuvent inclure des résultats issus des pratiques de recherche en génomique (tests génétiques) et dont l'exercice a été rendu plus efficace par ces pratiques ;
- à des pratiques citoyennes de mise en débat de la médecine prédictive.

Le tableau 61 des annexes de la partie IV (p.242) propose, pour chaque unité d'analyse se référant à ces pratiques, les caractéristiques auxquelles elle se réfère.

▪ **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5)**

30 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques : 10 unités correspondent à des savoirs, 7 à des tâches et 13 à une visée.

Les savoirs et les visées se réfèrent essentiellement à des résultats obtenus par ces pratiques et qui tous soulignent la complexité des relations entre génotype et phénotype.

Une diversité de pratiques de référence est à noter au sein de ces pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

On a sélectionnées comme référence, des pratiques de recherche scientifique en biologie moléculaire (inscrite dans la nouvelle vision), des pratiques articulant biologie moléculaire et physiologie végétale, biologie moléculaire et physiologie humaine (choix des objets des tâches (maladies humaines) ou glycémie) ou enfin biologie moléculaire et fonctionnement du système nerveux.

Les unités de savoir qui définissent les différents niveaux d'organisation auxquels un phénotype peut être défini ou qui définissent un phénotype à différents niveaux d'organisation (diabète par exemple) peuvent être considérées comme se référant à la démarche mise en œuvre dans ces pratiques.

Les unités d'analyse correspondant aux tâches n'explicitent que les exemples sur lesquels des tâches scolaires peuvent être menées (**exemples** : pigments des yeux de drosophile, albinisme, groupes sanguins ; drépanocytose, phénylcétonurie (effets du passage de la phénylalanine vers le tissu cérébral, de l'alimentation...), cancer (prédisposition familiale, rôle de l'environnement et de l'alimentation), analyse de données relatives aux jumeaux monozygotes, à la transmission familiale des diabètes). Sont éventuellement indiqués les aspects de la complexité à illustrer avec ces exemples. La référence de ces tâches à ces pratiques se limite donc aux objets d'étude favorables à la mise en évidence de cette complexité et aux notions principales des résultats à mettre en évidence.

▪ **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (1.6)**

21 unités d'analyse se réfèrent à ces pratiques : 13 unités correspondent à des savoirs, 4 à des tâches et 4 à des visées.

Les unités d'analyse correspondant à des visées et celles correspondant à des savoirs se réfèrent aux résultats de ces pratiques de recherche en biologie moléculaire concernant :

- l'expression de l'information génétique : transcription, traduction, code génétique, etc...
- la transmission du matériel génétique au cours d'une mitose et notamment l'évolution du taux d'ADN au cours du cycle cellulaire.

Il est à noter que si les relations entre protéines et caractère s'inscrivent dans la nouvelle vision, la relation entre gène et protéine s'inscrit, elle, dans la vision informationnelle : à un gène correspond une protéine.

Les unités d'analyse correspondant aux tâches se réfèrent à des objets d'étude (**les taux d'ADN à différents moments de la vie cellulaire, la synthèse des protéines, divers gènes, etc...**), à des outils (logiciels, banques de données mais adaptées pour les scolaires) mais aussi à des méthodologies expérimentales (expérience de **Meselson et Stahl**).

▪ **Contenus et visées se référant à des pratiques médicales (2.2)**

Deux unités d'analyse correspondant respectivement à un savoir et à une visée se réfèrent à des pratiques de médecine prédictive.

L'unité d'analyse correspondant à une visée (**V-1S.3.b**) se réfère aux « enjeux de la médecine prédictive » (Caractéristique d'une pratique en évolution ou en devenir).

L'unité d'analyse correspondant à un savoir (**S-1S-SV-3.2.d**) se réfère aux résultats des examens biologiques pratiqués dans le cadre de cette médecine.

▪ **Contenus et visées se référant à des pratiques citoyennes (4.1)**

Deux unités d'analyse, l'une correspondant à un savoir, l'autre à une visée se réfèrent à ces pratiques.

L'unité d'analyse correspondant à la visée (V-1S.3.b), saisir quelques « problèmes éthiques soulevés par la connaissance des maladies génétiques » se réfère aux finalités des pratiques citoyennes et à un type de question à débattre (les connaissances sur les maladies génétiques).

L'unité d'analyse correspondant à un savoir (S-1S-SV-3.2.e) reprend en fait les références au type de finalités (identifier les problèmes éthiques) et à un type précis de question à débattre.

Bilan :

Concernant les contenus et visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique en 1^{ère} S :

- **ils se réfèrent à une forte diversité de** pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision concernant les relations entre génotype et phénotype ;
- **ils se réfèrent à des** pratiques de recherche en biologie moléculaire classique pour les relations entre gène et protéine (vision informationnelle).

La complexité des relations entre génotype et phénotype n'est donc prise en compte que partiellement.

- **ils se réfèrent également de façon marginale à d'autres pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique :** pratiques médicales et citoyennes ;
- **les tâches, les visées et les savoirs se réfèrent explicitement en général à une ou deux caractéristiques de ces pratiques (le plus souvent des résultats pour les visées et les savoirs et des techniques ou des objets d'étude pour les tâches).**

Les documents d'accompagnement ne modifient pas fondamentalement le sens de ces énoncés et n'apportent pas de nouveaux éléments en termes de référence.

6. En terminale S

a. **Références sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées relevant de la génétique en TS**

En terminale S, une partie du programme de SVT est commune, l'autre est optionnelle. Dans la perspective d'une réflexion sur les itinéraires prescrits tracés par les SVT « en directives », nous avons choisi de présenter les références sélectionnées pour les contenus et visées relevant des programmes de la partie commune séparément de ceux relevant des programmes de spécialité.

▪ **TS- partie commune**

Le **tableau 44**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage (**tableau 56** des annexes de la partie IV, p.224) des différentes unités d'analyse. Pour chaque sous-dimension, le nombre d'occurrence pour un type d'unité d'analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d'unités d'analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension.

Le nombre de cases en « bleu » indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives » de TS- partie commune.

Tableau 44 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (TS- partie commune)

| Dimensions | Sous-dimensions | Unités d'analyse correspondant à des | | | |
|---|------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|-------|
| | | Savoirs (29 unités) | Tâches (20 unités) | Visées (5 unités) | |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | | |
| | 1.2 : PG | | | | |
| | 1.3 : techniques | 3 | 1 | 2 | |
| | 1.4 : histoire | | | | |
| | 1.5 : vision | 7 | 4 | 1 | |
| | 1.6 : Ressource | 2 | | 1 | |
| | 1.7 : autres | 40 | 22 | 15 | |
| Pratiques médicales | 2.1 : diagnostic | | | | |
| | 2.2 : prédiction | | | | |
| | 2.3 : innovation | | | | |
| | 2.4 : autres | 1 | 1 | | |
| Pratiques de production industrielle et agricole | 3.1 : R&D | | | | |
| | 3.2 : protéines | | | | |
| | 3.3 : OGM | | | | |
| | 3.4 : autres | | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 : sur GPG | 1 | | 1 | |
| | 4.2 : autres | 1 | | 1 | |
| Autres pratiques | 5.1 : GPG | | | | |
| | 5.2 : autres | | | | |
| scolaire | | | | | |
| importance relative des différents types de pratiques comme référence pour les SVT « en directives » de TS- partie commune. | | 55 | marginale | présente | forte |

➤ **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées :**

Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées du programme de SVT de TS- partie commune sont très majoritairement (40 références sur 55) des pratiques de recherche scientifique relevant de la génétique ou incluant des résultats, des ressources issues de pratiques de recherche en génétique.

Viennent ensuite des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (7/55) puis des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources des pratiques de recherche en génomique (3/55) puis des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (2/55). Les références à des pratiques médicales et citoyennes sont marginales.

Les contenus et visés du programme de TS se réfèrent quasi exclusivement à des pratiques de recherche scientifique.

Références à des pratiques de recherche scientifique

Concernant les pratiques de recherche scientifique relevant de la génétique ou incluant des résultats, des ressources issues de pratiques de recherche en génétique, les pratiques de référence sont :

- les pratiques de recherche de génétique classique mais aussi de recherche en biologie moléculaire sur la transmission de l'information génétique au cours de la reproduction sexuée ;
- les pratiques de recherche en **virologie** ;
- **les pratiques de recherche en évolution.**

Des savoirs, des tâches et des visées s'y réfèrent.

Les pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues des pratiques de recherche en génomique correspondent à des pratiques de recherche en évolution et servent de référence à un savoir et deux tâches.

Les pratiques de recherche en biologie moléculaires sélectionnée comme référence pour une tâche et un savoir correspondent à des pratiques de recherche centrée sur l'étude des relations entre mutation et phénotype.

Enfin ces contenus et visées se réfèrent de façon marginale

- **à différentes pratiques médicales (1/55)** (pratiques médicale incluant des ressources en génétique (2.4));
- **à des pratiques citoyennes (2/55)** en relation avec les problèmes éthiques liés aux progrès médicaux dans la maîtrise de la reproduction humaine.

Une minorité des unités d'analyse (12/55) se réfère à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique.

- **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches et les visées**

Concernant les pratiques de recherche scientifique, les références sélectionnées pour les savoirs, les tâches et les visées reflètent globalement celles sélectionnées pour l'ensemble des unités d'analyse.

Pour les pratiques médicales ou citoyennes, les références ont été sélectionnées soit pour un savoir (pratique médicale 2.4) soit pour une tâche (pratique citoyenne qui peut se référer à des questions impliquant la génomique ou pas).

Les savoirs, les tâches et les visées se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique.

- **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées**

Concernant les pratiques de recherche scientifique, sont absentes les pratiques de recherche en génomique, en post-génomique, les pratiques de recherche en histoire des sciences en relation avec l'histoire de la génomique et de la post-génomique, les pratiques de production industrielle et agricole ainsi que les autres pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique.

- **TS spécialité**

Le **tableau 45**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage (**tableau 56** des annexes de la partie IV, p.224) des différentes unités d'analyse. Pour chaque sous-dimension, le nombre d'occurrence pour un type d'unité d'analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d'unités d'analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension.

Le nombre de cases en « violet » indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives » de TS- spécialité.

Tableau 45 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (TS- spécialité)

| Dimensions | Sous-dimensions | Unités d'analyse correspondant à des | | | |
|--|------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | Savoirs (10 unités) | Tâches (12 unités) | Visées (1 unités) |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | | |
| | 1.2 : PG | | | | |
| | 1.3 : techniques | | | | |
| | 1.4 : histoire | 8 | 6 | 1 | 1 |
| | 1.5 : vision | | | | |
| | 1.6 : Ressource | 4 | 2 | 2 | |
| | 1.7 : autres | 4 | | 4 | |
| Pratiques médicales | 2.1 : diagnostic | | | | |
| | 2.2 : prédiction | | | | |
| | 2.3 : innovation | 2 | 1 | 1 | |
| | 2.4 : autres | 4 | 2 | 2 | |
| Pratiques de production industrielle et agricole | 3.1 : R&D | | | | |
| | 3.2 : protéines | 1 | | 1 | |
| | 3.3 : OGM | 1 | | 1 | |
| | 3.4 : autres | | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 : sur GPG | 1 | | 1 | |
| | 4.2 : autres | 1 | | 1 | |
| Autres pratiques | 5.1 : GPG | | | | |
| | 5.2 : autres | | | | |
| scolaire | | | | | |
| importance relative des différents types de pratiques comme référence pour les SVT « en directives » de TS spécialité. | | 24 | marginale | présente | forte |

➤ **Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées**

Les pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les contenus et visées du programme de SVT de TS-spécialité sont majoritairement des pratiques scientifiques de recherche (16/24) : pratiques de recherche en histoire des sciences contribuant à inscrire la génomique notamment dans une perspective historique (8/16)(1.4), pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (4/16) (1.6) et pratiques de recherche en génétique classique (4/16) (1.7) .

Viennent ensuite les pratiques médicales sélectionnées de façon importante pour ces contenus (6/24) : des pratiques médicales innovantes (2.3 : la thérapie génique, 2 références sur 6) et des pratiques médicales incluant des ressources génétiques (2.4 ; 4 références sur 6).

Enfin une unité d'analyse se réfère à des pratiques de production industrielle d'OGM (3.2 et 3.3) et deux à des pratiques citoyennes.

Les pratiques de référence sélectionnées pour ce programme de spécialité se distinguent de celles sélectionnées pour le programme commun.

Si les pratiques de recherche scientifique sont toujours majoritaires, elles se divisent en pratiques de recherche en histoire et pratique de recherche scientifique.

En outre, les contenus et visées du programme de spécialité se réfèrent pour moitié à des pratiques autres, notamment des pratiques médicales mais aussi citoyennes, et à des pratiques de production industrielle.

➤ **Références pour les savoirs, les tâches et les visées**

Si les tâches se réfèrent à toutes les pratiques de références sélectionnées pour l'ensemble des contenus et visées du programme de spécialité, les savoirs se réfèrent uniquement aux pratiques de recherche en histoire et en biologie moléculaire et aux pratiques médicales. Quant à la visée, elle se réfère à des pratiques de recherche en histoire des sciences.

➤ **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour ces contenus et visées**

Concernant les pratiques de recherche scientifique, sont absentes les pratiques de recherche en génomique, en post-génomique, les pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issus des pratiques de recherche en génomique, les pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision, les pratiques autres pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique.

Bilan :

Les contenus et visées du programme commun de TS associés à des éléments d'enseignement de génétique se réfèrent majoritairement à des pratiques de recherche scientifique et marginalement pour les savoirs et les tâches à des pratiques médicales et citoyennes.

Les pratiques majoritairement sélectionnées sont les pratiques de recherche en génétique ou incluant des résultats, des ressources en génétique (1.7).

La majorité des unités d'analyse (43/55) ne se réfèrent pas à des pratiques de recherche scientifique, ou à des pratiques médicales ou citoyennes relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique.

Les contenus et visées du programme de spécialité de TS associés à des éléments d'enseignement de génétique se réfèrent pour moitié à des pratiques de recherche et pour moitié à des pratiques médicales, citoyennes et des pratiques de production industrielles.

Les pratiques de recherche sélectionnées se distinguent par la présence de pratiques de recherche en histoire pouvant contribuer à inscrire la génomique au moins dans une perspective historique.

Si les tâches se réfèrent à l'ensemble des pratiques, les savoirs se réfèrent fortement à des pratiques de recherche en histoire, en biologie moléculaire et aux pratiques médicales, la visée se réfère, elle, aux pratiques de recherche en histoire.

La majorité des unités d'analyse (16/ 24) se réfèrent à des pratiques de recherche, à des pratiques médicale, citoyennes et à des pratiques de production agricole relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique

b. Pratiques relevant de la génomique ou de la post-génomique ou pratiques contribuant à mieux les appréhender sélectionnées pour les contenus et visées de génétique de TS

▪ **Pour le programme commun de TS**

Les contenus et les visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique ou de la post-génomique se réfèrent :

- à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (embryologie, virologie) (1.5) ;
- à des pratiques de recherche incluant des résultats, des techniques issues des pratiques de recherche en génomique (1.3) ;
- à des pratiques en biologie moléculaire (relation mutation- phénotype) (1.6).

Le tableau 62 des annexes de la partie IV (p.250) propose pour chaque unité d'analyse se référant à ces pratiques, les caractéristiques auxquelles elle se réfère.

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues de pratiques de recherche en génomique (1.3)**

1 savoir et 2 activités se réfèrent à ces pratiques. Le savoir se réfère à un résultat confirmé par la génomique (existence de gènes similaires).

Quant aux tâches (A-TS-1.2.2.a ; A-TS-1.3.1.a), elles se réfèrent à des tâches (Comparaison chromosomique et moléculaire ; Comparaison de séquences nucléotidiques et protéiques :

comparaison de différents allèles d'un gène, comparaison des gènes d'une famille multigénique) et à des objets d'étude (Chimpanzé –Homme ; Gorille- Homme pour les comparaisons chromosomique et moléculaires et hémoglobine et myoglobine, gènes homéotiques).

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5)**

5 savoirs, 2 visées et 1 activité se réfèrent à ces pratiques.

Les savoirs et les visées se réfèrent aux résultats de virologie ou d'embryologie qui montrent soit la mise en place au cours du temps d'un organe et la place et le rôle de l'information génétique (mise en place des organes sexuels), soit que le phénotype ici immunitaire résulte d'interactions multiples.

La tâche (A-TS-1.6.1.a) se réfère à l'un des objets d'étude de la pratique : « l'évolution des phénotypes sexuels mâles et femelle au cours du développement du fœtus ».

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche en biologie moléculaire (1.6)**

Deux unités d'analyse s'y réfèrent : l'une correspond à un savoir et l'autre à une tâche.

Le savoir se réfère à des résultats de la biologie moléculaire concernant les relations entre différents types de mutation et leur impact sur le phénotype et la tâche se réfère à un outil et à sa finalité « logiciels de traduction pour étudier les conséquences des mutations sur les protéines ».

▪ **Pour le programme de spécialité de TS**

Les contenus et les visées se référant à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique ou de la post-génomique se réfèrent :

- à des pratiques de recherche en histoire des sciences contribuant à inscrire notamment la génomique dans une perspective historique (1.4) ;
- à des pratiques de recherche en génie génétique classique (1.6) (digestion de l'ADN et transgénèse) et en biologie moléculaire classique (1.6) (relation ADN- protéine) ;
- à des pratiques médicales (2.3) (thérapie génique) ;
- à des pratiques de production agricole (3.3) (OGM végétaux) ;
- à des pratiques citoyennes sur les OGM (4.1) ;

Le tableau 62 des annexes de la partie IV (p.250) propose pour chaque unité d'analyse se référant à ces pratiques, les caractéristiques auxquelles elle se réfère.

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche en histoire des sciences contribuant à inscrire notamment la génomique dans une perspective historique (1.4)**

3 unités d'analyse correspondant à des savoirs se réfèrent à des résultats de ces pratiques qui contribuent à inscrire les pratiques de génomique (notamment les ressources intellectuelles et matérielles) dans une perspective historique.

1 unité de savoir (S-TS-II-T2.3.a) se réfère à des objets d'étude (La nature chimique du gène (ADN- double hélice) ; la relation gène- protéine ; modalités de l'expression génétique) sans indiquer de résultats de pratiques de recherche en histoire auxquels se référer pour les placer dans une perspective historique.

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche en génie génétique classique (1.6) (digestion de l'ADN et transgénèse) et en biologie moléculaire classique (1.6) (relation ADN- protéine)**

2 unités d'analyse correspondant à des savoirs et une unité d'analyse correspondant à une tâche se réfèrent à ces pratiques.

L'unité de savoirs, S-TS-II.T3.3.a, « Le noyau, par l'information génétique qu'il contient, dirige la synthèse des protéines, et donc des enzymes nécessaires au métabolisme de la cellule » se réfère à des résultats des pratiques de biologie moléculaire classique.

L'autre unité de savoir (S-TS-II.T2.5.1.a) se réfère au principe technique et au type d'objet, les OGM (nature, propriétés), produit par transgénèse.

L'unité d'analyse correspondant à une tâche (A-TS-II-T2.4.a) se réfère à une technique de génie génétique classique, la technique de « digestion de l'ADN par des enzymes de restriction et électrophorèse ».

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques médicales (2.3) (thérapie génique)**

Deux unités d'analyse, l'une correspondant à un savoir, l'autre à une tâche se réfèrent à des pratiques médicales innovantes qui ont pu inclure des résultats, des ressources issues des pratiques de recherche en génomique ou en post-génomique.

Elles se réfèrent toutes les deux à une pratique médicale innovante : la thérapie génique.

L'unité correspondant à un savoir, S-TS-II.T2.5.2.b, se réfèrent à la finalité et aux enjeux associés à la mise au point de ces pratiques médicales.

L'unité correspondant à une tâche, A-TS-II.T2.5.2.c, se réfère juste au nom de la pratique.

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques de production agricole (3.3) (OGM végétaux)**

Une unité d'analyse correspondant à une tâche (A-TS-II.T2.5.1.a) se réfère à des types d'objets produits par ces pratiques.

Deux types d'OGM, objets produits par ces pratiques, sont pris comme référence :

- les OGM présentant une résistance aux insectes (3.3) ;
- les OGM produisant des molécules pharmacologiques (3.2).

➤ **Contenus et visées se référant à des pratiques de recherche à des pratiques citoyennes sur les OGM (4.1)**

Une unité d'analyse correspondant à une tâche, A-TS-II.T2.5.1.a, se réfère à une question en débat dans la société, les OGM. La technique proposée, argumenter scientifiquement, si elle se réfère à des pratiques citoyennes se réfère « au modèle » du citoyen « rationnel ».

C. Analyse globale des résultats du codage

1. Repérage des pratiques sociales sélectionnées ou pas comme référence pour les SVT « en directives »

a. Principales pratiques sociales sélectionnées pour les SVT « en directives »

Le **tableau 46**, présenté ci-dessous, récapitule les résultats du codage (**document 13** des annexes de la partie IV, p.205) des différentes unités d'analyse pour l'ensemble des programmes élaborés pour les SVT « en directives » et publiés entre 1995 et 2002. Pour chaque sous-dimension, le nombre d'occurrence pour un type d'unité d'analyse, les savoirs, les tâches ou les visées est indiqué : il correspond au nombre d'unités d'analyse de ce type se référant à une pratique relevant de cette sous-dimension pour l'ensemble du cursus.

Le nombre de cases en « orange » indique pour la pratique sociale son importance relative comme référence pour les SVT « en directives » pour l'ensemble du cursus.

Tableau 46 : Nombre cumulé pour les classes de 3^{ème}, 2^{nde}, 1ères ES, L et S, et Terminale S des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions

| Dimensions | Sous-dimensions | Unités d'analyse relevant des | | | |
|--|------------------|-------------------------------|-----------|----------|-------|
| | | Savoirs | Tâches | Visées | |
| Pratiques de recherche scientifique (236) | 1.1 : G | | | | |
| | 1.2 : PG | | | | |
| | 1.3 : techniques | 17 | 9 | 6 | |
| | 1.4 : histoire | 8 | 6 | 1 | |
| | 1.5 : vision | 62 | 27 | 16 | |
| | 1.6 : Ressource | 60 | 35 | 15 | |
| | 1.7 : autres | 89 | 47 | 33 | |
| Pratiques médicales (21) | 2.1 : diagnostic | 5 | 2 | 2 | |
| | 2.2 : prédiction | 5 | 3 | | |
| | 2.3 : innovation | 2 | 1 | 1 | |
| | 2.4 : autres | 9 | 6 | 3 | |
| Pratiques de production industrielle et agricole (5) | 3.1 : R&D | | | | |
| | 3.2 : protéines | 3 | | 3 | |
| | 3.3 : OGM | 2 | 1 | 1 | |
| | 3.4 : autres | | | | |
| Pratiques citoyennes (11) | 4.1 : sur GPG | 9 | 2 | 4 | |
| | 4.2 : autres | 2 | | 2 | |
| Autres pratiques scolaires | 5.1 : GPG | | | | |
| | 5.2 : autres | | | | |
| importance relative des différents types de pratiques comme référence pour les SVT « en directives » | | | marginale | présente | forte |

- **Pratiques sociales sélectionnées comme référence pour les SVT « en directives » et importance relative comme référence des différentes pratiques :**

Les contenus et visées relevant d'éléments d'enseignement en génétique des SVT « en directives » se réfèrent très **majoritairement à des pratiques de recherche scientifique.**

Des références issues de trois ensembles de pratiques sociales ont particulièrement été sélectionnées :

- Des références issues des pratiques « autres » (1.7) ;
- Des références issues des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique et en génie génétique classique (1.6) ;
- Des références issues des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5).

Des références issues des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues de pratiques de recherche en génomique et des pratiques de recherche en histoire des sciences contribuant à mieux comprendre l'inscription historique notamment de la génomique ont également été sélectionnées.

Parmi les autres pratiques :

Viennent d'abord les **pratiques médicales**, puis les pratiques citoyennes et enfin les pratiques de production industrielle et agricole.

Les pratiques de recherche scientifique et les pratiques médicales sélectionnées comme référence servent majoritairement de référence à des savoirs, puis à des tâches et enfin à des visées.

Les pratiques citoyennes et de production industrielle et agricole servent essentiellement de référence pour des tâches, parfois des savoirs ou des visées.

173 unités d'analyse sur 273 se réfèrent à des pratiques relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique.

Sur ces 173 références, **130 correspondent à des références à des pratiques de recherche scientifique contribuant à mieux appréhender la génomique et la post-génomique (1.4/1.5/1.6) :**

- pratiques de recherche en histoire des sciences contribuant à mieux appréhender l'inscription historique de la génomique (1.4) (8/130) ;

- pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5) (62/130) présentées surtout en 1^{ère} S en articulation avec d'autres pratiques de recherche en physiologie animale, végétale, en neurophysiologie ;
- pratiques de recherche en biologie moléculaire classique et en génie génétique (1.6) (60/130) avec une référence constante à la transgénèse (2^{nde}, 1^{ère}, T) ou aux modifications du patrimoine génétique en 3^{ème}.

Les pratiques sélectionnées relevant directement de la génomique et de la post-génomique sont des pratiques incluant des résultats et des ressources issues des pratiques de recherche en génomique :

- pratiques de recherche en évolution, en génétique des populations qui prennent en compte les nouvelles possibilités de comparer les génomes (1.3) ;
- pratiques médicales s'appuyant sur les tests génétiques dont la mise au point a été grandement facilitée par résultats des pratiques de recherche en génomique (pratiques diagnostic, pratique de médecine prédictive) ou s'appuyant sur l'identification de gènes d'intérêt (pratiques innovante en thérapie génique) ;
- pratiques industrielles et agricoles s'appuyant sur l'identification par les techniques issues des pratiques de recherche en génomique de gènes d'intérêt et sur la transgénèse ;
- pratiques citoyennes questionnant la médecine prédictive, les OGM végétaux.

Des contenus et visées, notamment des programmes des classes de 1^{ère}, se réfèrent à des pratiques de recherche scientifique en tension car elles ne s'inscrivent pas dans la même vision :

- une partie des contenus et visées se réfèrent à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique (relation ADN-protéine et rôle de la protéine) qui s'inscrit plutôt dans une vision informationnelle du vivant ;
- une partie des contenus et visées se réfèrent à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (complexité des relations entre génotype et phénotype, prise en compte dans la démarche des différents niveaux d'organisation, articulation de résultats se référant à différentes pratiques de recherche biologie moléculaire, embryologie, physiologie, neurophysiologie, etc...).

- **Les pratiques sociales non sélectionnées comme référence pour l'ensemble des contenus et visées des SVT « en directives »**

L'ensemble des contenus et visées relevant d'éléments d'enseignement en génétique pour les SVT « en directives » ne présente aucune référence aux :

- pratiques de recherche scientifique en génomique ;
- pratiques de recherche scientifique en post-génomique ;
- pratiques autres relevant de la génomique et de la post-génomique : pratiques judiciaires, économiques.

- **Comparaison des pratiques sociales sélectionnées pour les différents niveaux**

Le **tableau 47**, présenté ci-dessous, propose une mise en parallèle des **tableaux 39, 40, 41, 42, 43, 44 et 45** du manuscrit. Ce tableau propose ainsi une vision synoptique des pratiques de référence sélectionnées pour les savoirs, les visées et les tâches pour l'ensemble des niveaux. Le codage de l'importance relative des différentes pratiques par le nombre de cases colorés pour chaque pratique est également reporté.

| Dimensions | Sous-dimensions | 3 ^{ème} | | | 2 ^{nde} | | | 1 ^{ère} ES | | | 1 ^{ère} L | | | 1 ^{ère} S | | | TS | | | |
|--|-----------------|------------------|---|---|------------------|---|---|---------------------|----|---|--------------------|---|---|--------------------|---|----|----|----|---|--|
| | | S | T | V | S | T | V | S | T | V | S | T | V | S | T | V | S | T | V | |
| Pratiques de recherche scientifique | 1.1 : G | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.3 | | | | | | | 4 | 2 | 1 | | 4 | 2 | 1 | | | | | | |
| | 1.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.5 | | | | | | | 5 | 3 | 1 | | 6 | 3 | 1 | | 10 | 7 | 13 | | |
| | 1.6 | | | | | | | 4 | 2 | 1 | | 4 | 1 | 1 | | 13 | 4 | 4 | | |
| | 1.7 | | | | | | | 17 | 10 | 1 | | 3 | 1 | 2 | | | | | | |
| Pratiques médicales | 2.1 | | | | | | | 1 | 1 | 1 | | 1 | 1 | | | | | | | |
| | 2.2 | | | | | | | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | |
| | 2.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.4 | | | | | | | 1 | | | | 1 | | | | | | | | |
| Pratiques de production industrielle ou agricole | 3.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.2 | | | | | | | | 1 | | | 1 | | | | | | | | |
| | 3.3 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pratiques citoyennes | 4.1 | | | | | | | | 1 | 1 | | | 1 | 1 | 1 | | | | | |
| | 4.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Autres pratiques | 5.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Tableau 47 : Nombre des différents types d'unités d'analyse se référant aux différentes sous-dimensions (pour les classes de 3^{ème}, 2^{nde}, 1ères ES, L et S, et Terminale S)

Légende :

En noir : le nombre de référence des unités d'analyse des différentes programmes communs élaborés pour les SVT

En rouge : le nombre de référence des unités d'analyse des thèmes au choix du programme de 2^{nde} ou du programme de spécialité en TS (partie optionnelle)

Surigné en violet : surligne les références sélectionnées pour les contenus et visées du programme de TS- spécialité

Pour les différents niveaux, des variations concernant les pratiques sociales sélectionnées apparaissent.

➤ **Pour les pratiques de recherche scientifique :**

- des références à des pratiques de recherche en biologie moléculaire classique et en génie génétique sont sélectionnées pour les contenus et visées des programmes de toutes les classes. Ces pratiques constituent les pratiques de référence centrales de la classe de 2^{nde} (structure de l'ADN) ;
- des références à des pratiques de recherche scientifique s'inscrivant dans la nouvelle vision sont sélectionnées pour les contenus et visées des programmes de 3^{ème}, 1^{ère} ES, L et S et TS. Présentes dans les autres classes, elles constituent les pratiques de référence centrales des classes de première ;
- des références à des pratiques de recherche incluant des résultats ou des ressources issues des pratiques de recherche en génomique sont sélectionnées pour les contenus et visées des programmes de 1^{ère} ES, 1^{ère} L et TS ;
- des références à des pratiques de recherche en histoire des sciences contribuant à inscrire notamment les pratiques de recherche en génomique dans une perspective historique ne sont sélectionnées que pour les contenus et visées des programmes de spécialité de TS.

➤ **Pour les autres pratiques :**

- des références à des pratiques médicales sont sélectionnées pour les contenus et visées des programmes de classes de 3^{ème}, 1^{ère} ES, L, S et TS ; les contenus et visées du programme de spécialité se réfèrent à de nouvelles références pour ces pratiques médicales ;
- des références à des pratiques de production industrielle et agricole (transgénèse/OGM) sont sélectionnées pour les classes de 1^{ère} ES, L et TS spécialité ;
- des références à des pratiques citoyennes sont sélectionnées pour les contenus et visées des programmes de 3^{ème}, 1^{ère} ES, L, et TS ;
- Des références à d'autres pratiques n'ont été sélectionnées que pour les thèmes au choix proposés dans les documents d'accompagnement du programme de 2^{nde}.

➤ **Comparaison des pratiques sociales sélectionnées pour les différents niveaux en termes de diversité de référence :**

- le programme de 2^{nde} est celui pour lequel le nombre de types de pratiques sociales sélectionnées pour les contenus et visées est le plus faible. A contrario, les thèmes au choix proposent eux une grande diversité de référence ;
- les contenus et visées du programme de 3^{ème} se réfèrent à des pratiques de recherche scientifique, et à des pratiques médicales et citoyennes, ensemble de pratiques qui sera à nouveau sélectionné pour les programmes du lycée sauf en 2^{nde} pour les pratiques médicales et citoyennes ;
- Les programmes de 1^{ère} ES et L et de TS ((partie commune + spécialité) sont ceux pour lesquels le nombre de types de pratiques sociales de référence sélectionnées pour les contenus et visées est le plus élevé ;
- Les programmes de 1^{ère} S et de TS (partie commune) ont des contenus et visées qui présentent pour les pratiques médicales, citoyennes un nombre de référence moindre et qui par ailleurs ne présentent aucune référence aux pratiques de production industrielle et agricole.

➤ **Comparaison des pratiques sociales sélectionnées pour les différents niveaux en termes de profil de cursus par rapport aux pratiques sociales sélectionnées :**

Quatre cursus sont ici représentés par rapport aux éléments d'enseignement de génétique présents dans les SVT « en directive »

- le cursus S : 3^{ème}, 2^{nde}, 1^{ère} S et TS (avec ou sans la spécialité) ;
- le cursus ES : 3^{ème}, 2^{nde}, 1^{ère} ES ;
- le cursus L : 3^{ème}, 2^{nde}, 1^{ère} L ;
- le cursus court : 3^{ème} ;

Pour le cursus S sans la spécialité : les contenus et visées se réfèrent :

- à des pratiques de recherche scientifique (1.3/1.5/1.6 et 1.7) ;
- à des pratiques médicales (2.4 et 2.2) ;
- à des pratiques citoyennes (4.1 et 4.2) ;

Pour le cursus S la spécialité : les contenus et visées se réfèrent :

- à des pratiques de recherche scientifique (1.3/1.4/1.5/1.6 et 1.7) ;
- à des pratiques médicales (2.3/2.4 et 2.2) ;
- à des pratiques de production industrielle (3.2 et 3.3) ;
- à des pratiques citoyennes (4.1 et 4.2).

Pour le cursus ES : les contenus et visées se réfèrent :

- à des pratiques de recherche scientifique (1.3/1.5/1.6 et 1.7) ;
- à des pratiques médicales (2.1/2.2 et 2.4) ;
- à des pratiques de production industrielle (3.2 et 3.3) ;
- à des pratiques citoyennes (4.1).

Pour le cursus L : les contenus et visées se réfèrent :

- à des pratiques de recherche scientifique (1.3/1.5/1.6 et 1.7) ;
- à des pratiques médicales (2.1/2.2 et 2.4) ;
- à des pratiques de production industrielle (3.2) ;
- à des pratiques citoyennes (4.1).

Il est intéressant de noter que le cursus pour lequel la diversité des références pour les « contenus et notions » est la plus faible est le cursus S (sans la spécialité).

Ce sont les contenus et visées du cursus S avec la spécialité qui présentent la plus grande diversité de référence notamment parmi les pratiques de recherche scientifique. C'est par ailleurs le seul cursus à aborder la thérapie génique.

Les contenus et visées des cursus ES et L se caractérisent par une aussi grande diversité de types de référence que le cursus S avec la spécialité mais les références parmi les pratiques de recherche scientifique sont moins variées.

b. Diversité des caractéristiques sélectionnées comme référence pour les savoirs, les tâches et les visées pour l'ensemble du cursus

Pour les pratiques sociales relevant de la génomique ou de la post-génomique ou contribuant à les appréhender sélectionnées pour les SVT « en directives » pour l'ensemble du cursus, le nombre de caractéristiques de chacune de ces pratiques retenues comme référence pour les savoirs, les tâches et les références est limité.

▪ **Ainsi les visées et les savoirs se réfèrent :**

- pour les pratiques de recherche scientifique majoritairement à **des résultats** des différentes pratiques et plus rarement à des **démarches ou types d'analyse** mis en œuvre pour élaborer ces résultats ou pour la **transgénése à des principes scientifiques et techniques et à des finalités possibles** (types de résultats que permet d'obtenir la technique, propriétés des êtres vivants ainsi transformés) ;
- pour les pratiques médicales **aux finalités des examens biologiques** mis en œuvre dans le cadre de ces pratiques (diagnostic prénatal ou médecine prédictive), **ou aux finalités et enjeux de la pratique** (thérapie génique) ;
- pour les pratiques de production industrielle ou agricole aux types de **techniques** (transgénése inter ou intra spécifique) ou **aux types de produits** (protéines intéressantes pour la santé, OGM végétaux) ;
- Pour les pratiques citoyennes, à des types de questions et de mode de « réflexion ».

▪ **Les tâches se réfèrent :**

- pour les pratiques de recherche scientifique à **des outils techniques ou des ressources matérielles** (notamment pour les pratiques incluant des ressources issues des pratiques de recherche en génomique : aux logiciels de comparaison, aux banques de données (présence de références bioinformatiques dans les programmes)) mais aussi et surtout à des **objets d'étude** pertinents pour construire le savoir (phénylcétonurie, ...).

Il est à noter que ce sont les mêmes objets d'étude qui servent de référence pour différentes classes.

- pour les pratiques médicales à une **ressource matérielle** du médecin (diagnostic prénatal) dans le cadre de la médecine prédictive ;
- pour les pratiques de production industrielle et agricole aux **objets produits** (exemple en terminale S –spécialité, OGM pour la résistance aux insectes et la production de molécules pharmacologiques) ;
- pour les pratiques citoyennes, à un nombre limité de questions en débat dans la société (médecine prédictive) et à des finalités ou des techniques (ex : argumenter scientifiquement) qui correspondent à des « pratiques citoyennes rationnelles ».

Il est à souligner que la tâche elle-même, lorsqu'elle est spécifiée est de nature très générale : utiliser, comparer, réfléchir,

De très nombreuses caractéristiques des pratiques sélectionnées relevant directement ou indirectement de la génomique et de la post-génomique sont ignorées comme référence pour les contenus et visées des SVT « en directives ».

Notamment, ne sont pas pris comme référence :

- les évolutions du mode d'organisation de la recherche.
- les problèmes rencontrés par les pratiques de recherche, par les pratiques médicales ou de production et qui ne relèvent pas d'enjeux citoyens mais d'enjeux scientifiques, industriels, agricoles, médicaux, etc....
- pour les pratiques citoyennes : les différentes dimensions des débats autour d'un objet en question, les différentes techniques pour aborder une question en débat dans la société (techniques « rationnelles » ou davantage basées sur le débat), la diversité des questions associées aux contenus enseignés et enfin la nature de la science.

c. Modulation des résultats par les informations apportées par les documents d'accompagnement

A l'exception de la seconde, les documents d'accompagnement pour les autres classes ne modifient pas fondamentalement les résultats et analyses proposés pour les sélections de références.

En seconde, par contre, ces documents d'accompagnement proposent de nouvelles références, formulent des énoncés qui se réfèrent à des résultats de pratiques sociales différentes des pratiques prises comme référence pour les énoncés correspondants des programmes et proposent une liste de thèmes à traiter pour les thèmes au choix.

2. Pratiques de référence sélectionnées et caractéristiques de pratiques retenues : esquisse de l'image des SVT « en directives » renvoyée par ces sélections

Les résultats ayant été obtenus uniquement à partir de l'analyse des contenus et visées relevant d'un enseignement de génétique, l'image des SVT « en directives » renvoyées par les sélections opérées pour ces contenus est à prendre avec précaution et réserve. Elle est néanmoins intéressante.

Par rapport aux contenus et visées relevant d'un enseignement de génétique, les SVT « en directives » apparaissent comme :

- **une discipline « en directives » de savoirs scientifiques :**
 - les pratiques de recherche scientifique sont les références majoritairement sélectionnées pour ces contenus et visées ;
 - les résultats de ces pratiques correspondent à la caractéristique la plus retenue ;

- **une discipline « en directives » qui propose un reflet des théories, des démarches et des techniques des pratiques de recherche scientifique actuelle :**
 - Les pratiques incluant les résultats de la génomique ou s'inscrivant dans la nouvelle vision ont été sélectionnées comme référence pour les contenus et visées même si les

- pratiques mêmes de recherche en génomique et en post-génomique n'ont pas été retenues ;
- Pour ces pratiques, ont été retenues comme caractéristique : les résultats mais aussi la démarche descendante et des techniques (comparaison de banques de données par exemple) ;
- **Une discipline « en directives » associée de façon forte et constante à un nombre restreint de pratiques médicales, industrielles et citoyennes :**
- La transgénèse (technique mobilisée par des pratiques scientifiques, médicales (thérapie génique), pratiques industrielles (production de protéines/ OGM) ou agricoles (OGM)) est retenue comme référence pour tous les programmes ;
 - Certaines pratiques médicales associées au suivi de grossesse (amniocentèse, choriocentèse/ diagnostic prénatal) ou les pratiques de médecine prédictive ont également été sélectionnées pour de nombreux niveaux ;
- **Une discipline « en directives » qui propose un reflet des pratiques citoyennes**
- les contenus se référant à des pratiques médicales, industrielles ou agricoles sont parfois associés à des contenus se référant à des pratiques citoyennes les concernant ;
 - les pratiques citoyennes sélectionnées pour ces contenus sont plutôt à positionner du côté des pratiques d'une citoyenneté « rationnelle » fortement axée sur le développement de l'esprit critique et de la raison du citoyen.

Conclusion : Choix des contenus retenus pour l'examen des mises en forme et en cohérence disciplinaire

Pour l'examen des mises en forme et en cohérence systémique et temporelle pour l'ensemble des SVT « en directives » nous avons choisi :

- les contenus se référant à des pratiques de transgénèse ;
- les contenus se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Justification de ces choix :

1- Ces choix nous paraissent pertinents par rapport à l'importance des ces contenus pour les SVT « en directives »

Les contenus se référant à des pratiques de transgénèse : des contenus peu nombreux mais présents tout au long du cursus et se référant à des pratiques très diverses

Des contenus se référant à des pratiques diverses de transgénèse (pratiques de recherche scientifique, de production industrielle et agricole, pratiques médicales et pratiques citoyennes) sont présents dans les programmes élaborés pour les SVT pour tous les niveaux concernés par l'enseignement de la génétique. Il s'agit de pratiques de référence forte ayant par ailleurs une résonance importante dans la sphère publique.

Les contenus se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision : des contenus très inégalement présents dans le cursus et qui mobilisent différentes caractéristiques de ces pratiques de référence.

Des contenus se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (pratiques scientifiques) sont présents timidement en troisième, absents des programmes en seconde mais présents dans les documents d'accompagnement qui s'inscrivent alors en tension avec les contenus des programmes. Ils entrent massivement en première et restent présents en terminale. Par ailleurs, ils mobilisent de nombreuses caractéristiques des ces pratiques de recherche : résultats conceptuels, démarche (prise en compte des différents niveaux d'organisation pour l'analyse), approche pluridisciplinaire d'un objet d'étude.

2-Ces choix nous paraissent pertinents en raison de la pertinence des pratiques auxquelles se réfèrent ces contenus par rapport aux enjeux de formation des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique.

En termes d'enjeux de formation pour les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique, nous avons vu, pour les pratiques scientifiques, l'importance d'une formation à la nouvelle vision du vivant et pour les pratiques citoyennes l'importance d'une formation à la transgénèse et à la nouvelle vision du vivant.

II. Mise en forme et mise en cohérence des contenus se référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques contribuant à l'appréhension de la post-génomique car s'inscrivant dans la nouvelle vision

L'objectif de cette partie est de répondre pour les contenus se référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision à la seconde question de recherche (Partie I, III-A, p.67) :

« Comment les contenus et les visées se référant à des pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ou à des pratiques qui contribuent à leur appréhension (pratiques relatives à la transgénèse ou pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision du vivant) sont-ils pris en charge d'un point de vue curriculaire¹ par les programmes d'enseignement pour la discipline scolaire SVT ? »

Les démarches proposées pour ces deux ensembles de contenus tiennent compte de l'importance du nombre d'unités d'analyse mobilisant ces références, de leur répartition dans le cursus et de la diversité des pratiques ou des caractéristiques des pratiques qu'elles mobilisent.

A. Démarche de travail

Elle tient compte de la spécificité de nos questions de recherche et des spécificités des ensembles de contenus à examiner

1. Un corpus d'analyse restreint est élaboré à partir du corpus d'analyse initial

L'ensemble des unités d'analyse incluant la notion de transgénèse est rassemblé dans le **tableau 63** des annexes de la partie IV (p.256). L'ensemble des unités d'analyse se référant à

¹ Dans une dimension systémique : mise en réseau, en cohérence et dimension temporelle : itinéraire construit sur l'ensemble du cursus.

des pratiques de recherche incluant la nouvelle vision est rassemblé dans le **tableau 64** des annexes de la partie IV (p.259).

Le codage réalisé dans la partie précédente est rappelé : il correspond à une proposition de pratique de référence pour cette unité d'analyse. Sont également rappelées les propositions de caractéristiques de ces pratiques sélectionnées retenues pour ces unités d'analyse.

2. Examen des contenus et visées se référant à des pratiques de transgénèse

Les contenus se référant à des pratiques de transgénèse (**tableaux 63** annexe IV, p.256) sont limités en nombre mais sont présents dans tous les programmes élaborés pour les SVT proposant des éléments d'un enseignement de génétique.

Pour ces contenus seront donc conduites des analyses :

- mettant en évidence les **réseaux notionnels** dans lesquelles s'inscrivent la notion de transgénèse (prend en compte les notions associées à la notion de transgénèse dans son unité d'analyse ainsi que les contenus de la même partie) ;
- mettant en évidence la **cohérence thématique** dans laquelle les unités d'analyse relevant des savoirs ou des tâches s'inscrivent : cohérence tâches- savoirs- visées- références et permettant de statuer sur le type d'intégration (présence, masquage, greffage) de la notion de transgénèse dans ces programmes (niveau du thème) ;
- mettant en lien la ou les cohérence(s) thématique (s) avec les cohérences proposées au niveau des programmes dans la partie II-II-C-2, (p102) : examen de **la cohérence programmatique** ;
- mettant en évidence la **cohérence « paradigmatique »** dans laquelle ces constructions s'inscrivent ;
- mettant en évidence **les principes de progressivité des savoirs, des tâches** mobilisant cette référence ainsi que les **ruptures, les discontinuités et les continuités** concernant les successions de cohérences thématiques et programmatiques élaborées pour les différents niveaux.

3. Examen des contenus et visées se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision

Les contenus et visées se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (**tableau 64** annexes IV) sont rares en troisième et absents dans les programmes de seconde (mais présents dans les documents d'accompagnement). Ils sont présents massivement à partir de la première.

Pour ces contenus seront donc menées des analyses :

- mettant en évidence le réseau notionnel associé aux unités d'analyse de savoirs mobilisant ces références en troisième et en seconde ;
- mettant en évidence des **réseaux thématiques** (articulation des différents thèmes du programme en 1^{ère} S ou de l'organisation du thème incluant ces contenus en 1^{ère} ES et en 1^{ère} L) ;
- mettant en évidence la **cohérence thématique** dans laquelle les unités d'analyse relevant des savoirs ou des tâches de 3^{ème} et de 2^{nde} s'inscrivent : cohérence tâches- savoirs- visées- références/paradigme et permettant de statuer sur le type d'intégration de cette vision dans ces programmes (greffage, présence, masquage) ;
- mettant en lien la ou les cohérence(s) thématique (s) avec les cohérences proposées au niveau des programmes dans la partie II-II-C-2, (p102) : examen de **la cohérence programmatique** ;
- mettant en évidence la **cohérence des réseaux thématiques** avec les fondements des classes de 1^{ère} et de T ;
- mettant en évidence les ruptures, les discontinuités et les continuités concernant la succession des cohérences thématiques et des réseaux thématiques élaborés pour les différents niveaux.

4. Méthodologie mise en œuvre pour examiner ces différents contenus

La proposition de différentes mises en réseau, en cohérence thématique, programmatique et sur l'ensemble du cursus repose sur l'analyse des textes des programmes. Les informations apportées par les documents d'accompagnement sont également prises en compte.

Afin de distinguer les éléments provenant des programmes et ceux provenant des documents d'accompagnement, **les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement seront en rouge.**

Le **tableau 48** explicite les différents types d'analyse conduits pour les différents modes d'agencement.

Tableau 48 : Explication des principales analyses conduites sur les textes de programme et sur les documents d'accompagnement pour proposer les différents modes d'agencement

| Mode d'agencement | Explication des analyses conduites |
|--------------------------|--|
| Réseau notionnel | <p>Pour les énoncés se rapportant à une ou plusieurs unités d'analyse de savoir :</p> <ul style="list-style-type: none">- proposition de notions (explicitées ou soulignées dans le texte) ;- proposition de liens sémantiques (explicités ou mis en évidence par des flèches ou reprise des liens dans le réseau). <p>Les notions sont ensuite mises en lien avec les autres notions identifiées ou avec des énoncés factuels en fonction des liens sémantiques identifiés.</p> <p>Les flèches à sens unique indiquent le sens de la lecture (fidèle par rapport au texte).</p> <p>La place dans le réseau notionnel de la notion de transgénése ou des notions/énoncés se référant à la nouvelle vision sera caractérisée en termes de centrale (nombre important de relations avec les autres notions, appartient au cœur du réseau (d'où partent les différents embranchements)) ou périphérique (nombre limité de mise en relation, embranchement indépendant)</p> |
| Réseau thématique | <p>Pour les unités d'analyse se rapportant à un même thème ou à un même programme, repérage de leur place dans l'organisation du thème par rapport aux parties et sous-parties ou dans l'organisation</p> |

| | |
|--|--|
| | du programme par rapport aux autres thèmes. Proposition de pratiques de référence pour les différentes parties du thème. |
| Cohérence thématique | <p>Des propositions de visées, de finalités et de références sont faites à partir des textes de programme et des documents d'accompagnement pour chacun des thèmes concernés par notre étude.</p> <p>Les figures proposent des mises en lien entre les savoirs, les tâches, les visées du thème, éventuellement les finalités et les références. Certaines sont explicités, d'autres sont implicites. L'épaisseur des flèches rend compte de ce caractère.</p> <p>La mise en cohérence thématique des différentes unités d'analyse permettra de statuer sur son greffage, son existence ou son masquage dans ce réseau de cohérence (cf. tableau 11 partie II, p.117).</p> |
| Cohérence programmatique | Les figures proposent des mises en lien des visées, finalités, références, savoirs et tâches des thèmes avec les cohérences proposées au niveau des programmes dans la partie II/ II-C-2, p.102. |
| Identification de principes de progressivité | <p><u>Pour les tâches</u> : regroupement de toutes les unités d'analyse correspondant à des tâches pour la transgénèse, proposition d'objet, d'outil, de contexte, de tâche, puis par comparaison de la succession des énoncés proposition d'un ou de plusieurs principes de progressivité (cf. tableau 14 de la partie II, p.123).</p> <p><u>Pour les notions</u> ; regroupement de toutes les unités d'analyse de savoir pour la transgénèse, proposition de notions associées à celle de transgénèse, de contexte, etc.. puis par comparaison de la succession des énoncés proposition d'un ou de plusieurs principes de progressivité (cf. tableau 13 de la partie II, p.122).</p> |
| Identification de ruptures, de discontinuités et de continuités | La mise en parallèle des propositions concernant les références sélectionnées, les paradigmes d'inscription, les cohérences retenues permettent en s'appuyant sur le tableau 15 de la partie II (p.126) de statuer sur l'existence de continuités, de ruptures ou de discontinuités. |

B. Examen des contenus et visées des programmes de 3^{ème} se référant à des pratiques de transgénèse ou à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

1. Réseaux notionnels, cohérences thématiques et paradigmatiques

a. Les contenus et visées se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

En troisième, quatre unités d'analyse, dont deux correspondent à des savoirs et deux à des visées (**tableau 64** des annexes IV, p.259), se réfèrent à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Les deux unités d'analyse correspondant à des visées sont issues de l'introduction de la partie A du programme de 3^{ème} « Unité et diversité des êtres humains ».

Les deux unités d'analyse correspondant à des savoirs appartiennent à la même partie du thème intitulée : « *Chaque individu présente les caractères de l'espèce avec des variations qui lui sont propres. C'est le résultat de l'expression de son programme génétique et de l'influence des conditions de vie* ».

Dans un premier temps sera établi le réseau notionnel de la partie incluant les deux unités d'analyse de savoir puis les cohérences entre les visées, les tâches, les références du thème et des énoncés de savoir seront examinées afin de proposer un réseau de cohérence thématique.

➤ **réseau notionnel de la partie au sein de laquelle les unités d'analyse de savoir s'insèrent**

Ces unités d'analyse correspondant à des savoirs s'inscrivent dans la première partie du thème A du programme de troisième (cf. **tableau 43** des annexes IV, p.162). Elles sont en relation avec d'autres énoncés de savoir.

L'examen (**tableau 67.a** des annexes IV, p.276) des énoncés de la colonne « contenus et notions » de la partie 1 du thème A permet de proposer un réseau notionnel pour cette partie. Ce réseau est présenté dans la **figure 14**.

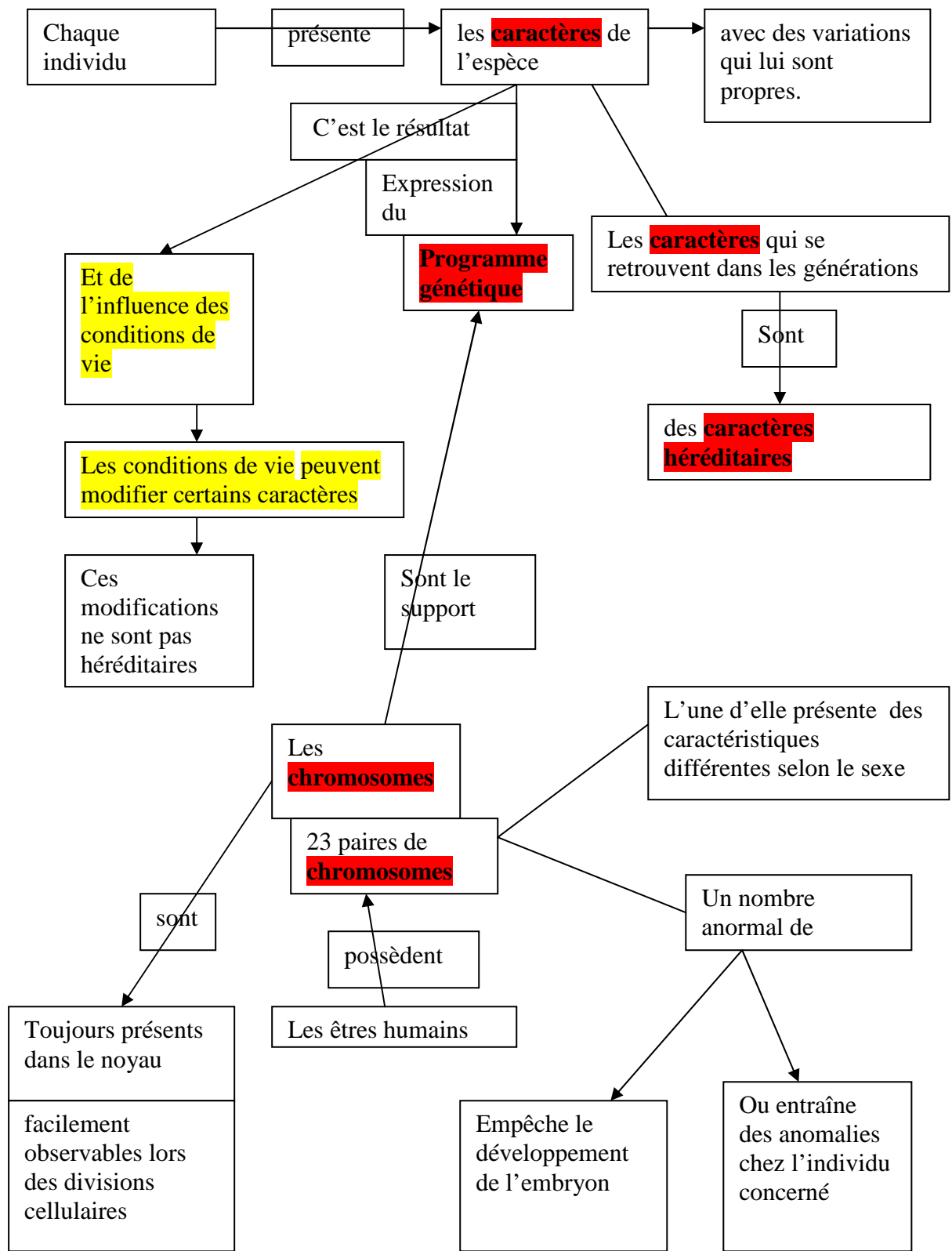


Figure 14 : Réseau notionnel de la partie 1 du thème A de 3^{ème} contenant des unités se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (surlignées en jaune)

Légende :

Les flèches indiquent le sens de lecture et la mise en relation

Les énoncés se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision sont surlignés en jaune

Les notions centrales sont surlignées en rouge

Place des unités de savoir se référant à la nouvelle vision dans le réseau notionnel de la partie 1 du thème A :

Prenant comme critère le nombre de relations établies par les différentes notions avec les différents énoncés, il apparaît que trois notions reliées entre elles sont centrales dans cette partie et constituent le cœur de ce réseau notionnel :

- la notion de caractère ;
- la notion de chromosome ;
- la notion de programme génétique.

Les unités d'analyse codées comme se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (surlignées en jaune) ne sont associées qu'à la notion de caractère et ne sont mises en relation avec aucun autre énoncé dans l'ensemble du thème contrairement aux notions de chromosome et de programme génétique.

Elles sont en position périphérique dans le réseau notionnel.

➤ **Cohérence thématique entre ces « unités d'analyse », les visées du thème et leur inscription paradigmatique**

Un examen des visées relevant du thème et des parties du thème A est proposé en annexe. (**Tableau 67.c** des annexes de la partie IV, p.278). L'organisation du programme de la partie A est proposé dans le **tableau 67.b** des annexes de la partie IV, p.277.

Le **tableau 49** propose une mise en cohérence entre les visées, les références et les savoirs des différentes parties du thème. Les savoirs ou visées se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision sont surlignés en jaune.

Tableau 49 : Mise en cohérence thématique partielle des savoirs, des visées et des références

| | | |
|-----|------------------|--|
| | Référence | Visées du thème 3-A : Souligne les termes qui permettent de mettre en relation les différentes visées et les différentes parties du thème |
| 1.4 | | V-3 la partie A prévoit une présentation simple du déterminisme génétique , interférant avec l'influence des conditions de vie |
| 1.6 | | V- 3-A.1 permettre une première explication de l'unité de l'espèce et de l'unicité de chaque être humain grâce à l'introduction de la notion de programme génétique |
| 1.4 | | V- 3-A.2 l'influence des conditions de vie sur l'expression des caractères individuels est soulignée à travers un ou deux ex simples |
| 1.6 | | V- 3-A.3 aborder le plus concrètement possible la <u>relation entre information génétique et chromosome</u> , l'existence d'une <u>information génétique</u> considérée comme <u>identique dans toutes les cellules somatiques de l'organisme</u> , la <u>transmission de l'information génétique</u> , la <u>création de la diversité</u> |
| 1.6 | | Partie 1 Chaque individu présente les <u>caractères de l'espèce</u> avec des variations qui lui sont propres |
| 1.4 | | S-3-A-1.b Titre C'est le résultat de l'expression de son programme génétique et de l'influence des conditions de vie |
| 1.6 | | Partie 2 Les cellules de l'organisme à l'exception des gamètes, <u>possèdent les mêmes chromosomes</u> que la cellule-œuf dont elles dérivent par division successives |
| VI | | Partie 3 Les <u>chromosomes</u> portent les <u>gènes</u> , <u>unités d'information génétique</u> qui <u>déterminent les caractères héréditaires</u> |
| VI | | PARTIE 4 Chaque individu issu de la <u>reproduction sexuée</u> possède un <u>programme génétique</u> qui contribue à le rendre unique |

La mise en relation de ces différentes visées et des différentes parties du thème montre que la visée centrale (celle à laquelle répond la majorité des parties) est la visée centrée sur l'information génétique, sa nature, son expression, sa transmission. La visée centrée sur l'influence des conditions de vie lors de l'établissement d'un caractère est en fait marginale. Par ailleurs, les différentes parties du thème A s'inscrivent plutôt dans la vision informationnelle en se référant à des résultats de pratiques de biologie moléculaire classique (emploi notamment du terme « programme génétique », mise en relation directe des chromosomes, gènes et caractère, etc...). Hormis au début de la partie 1, l'influence des conditions de vie dans l'établissement des caractères n'est jamais évoquée. Dans la fin de la Partie 1 et dans les Parties III et IV, seul le programme génétique est évoqué. Les liens entre chromosomes, gènes, allèles et caractères sont évoqués de façon uniquement déterministe. Cette partie de programme se réfère donc majoritairement à des résultats de pratiques de biologie moléculaire classique (1.6) et s'inscrit dans une vision réductionniste plutôt que dans la nouvelle vision.

Conclusion sur le mode de prise en charge de ces unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision :

L'examen du réseau notionnel de la partie intégrant les unités de savoirs a montré une **insertion en périphérie du réseau notionnel** de la partie 1.

L'examen de l'articulation des visées du thème et des parties du thème et de leurs références montre que si les visées se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision sont fortement explicitées dans les différentes introductions, seuls les deux énoncés correspondant aux deux unités d'analyse de savoirs de la partie 1 y répondent. Les autres énoncés de la partie 1 et ceux des trois autres parties ne répondent pas à cette visée.

Il est par ailleurs à rappeler que d'après notre analyse (Partie II **tableau 10**, p.101), le programme de 3^{ème} et notamment les parties 2, 3 et 4 de ce thème s'inscrivent plutôt dans une vision informationnelle.

En nous référant au **tableau 11** élaboré dans la partie II (p.117) sur les modes de prise en charge d'énoncés de savoirs par un thème, nous parlerons de greffage pour ces unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision ou d'unités d'analyse d'ouverture.

b. Pour les contenus et visées se référant à des pratiques de transgénèse

En troisième (cf. **tableau 63** des annexes IV, p.256), une seule unité d'analyse, **S-3-E-2.2.a**, se réfère à des pratiques citoyennes en relation avec la notion de transgénèse :

« **Une vigilance à l'égard des prélèvements excessifs d'animaux et de végétaux, des modifications de milieux de vie ou du patrimoine génétique est nécessaire pour éviter de porter atteinte à la biodiversité** »

➤ **réseau notionnel dans lequel s'inscrit la notion de « modifications du patrimoine génétique » au sein de cette unité d'analyse**

Cette unité d'analyse correspond à la partie 2.2 du thème E du programme de troisième. Elle n'est donc pas en relation au sein de cette partie avec d'autres unités d'analyse.

Le réseau notionnel dans lequel s'inscrit la notion de « modifications du patrimoine génétique » sera donc limité à celui identifiable au sein de l'unité d'analyse.

L'examen (**Tableau 65** des annexes IV, p.269) de l'unité d'analyse, **S-3-E-2.2.a**, permet de proposer l'inscription de la notion de « modifications du patrimoine génétique » dans le réseau notionnel représenté par la **figure 15** présentée p.322 du manuscrit.

Commentaire de la figure 15:

La notion de « modifications du patrimoine génétique » est mise en relation explicitement avec la notion de « vigilance » et implicitement avec celle de biodiversité. Elle s'inscrit comme un des aspects sur lequel une vigilance doit porter afin de ne pas porter atteinte à la biodiversité. Les deux autres aspects évoqués sont « les prélèvements excessifs d'animaux et de végétaux » et « les modifications de milieux de vie ».

La notion de « modifications du patrimoine génétique » évoquée en dernier, relève d'un autre domaine conceptuel (biotechnologie/ écologie) et d'un autre niveau d'organisation (niveau moléculaire/ niveau de l'écosystème) que les « les prélèvements excessifs d'animaux et de végétaux » et « les modifications de milieux de vie ».

Néanmoins, il nous semble que cette notion est intégrée dans ce réseau notionnel.

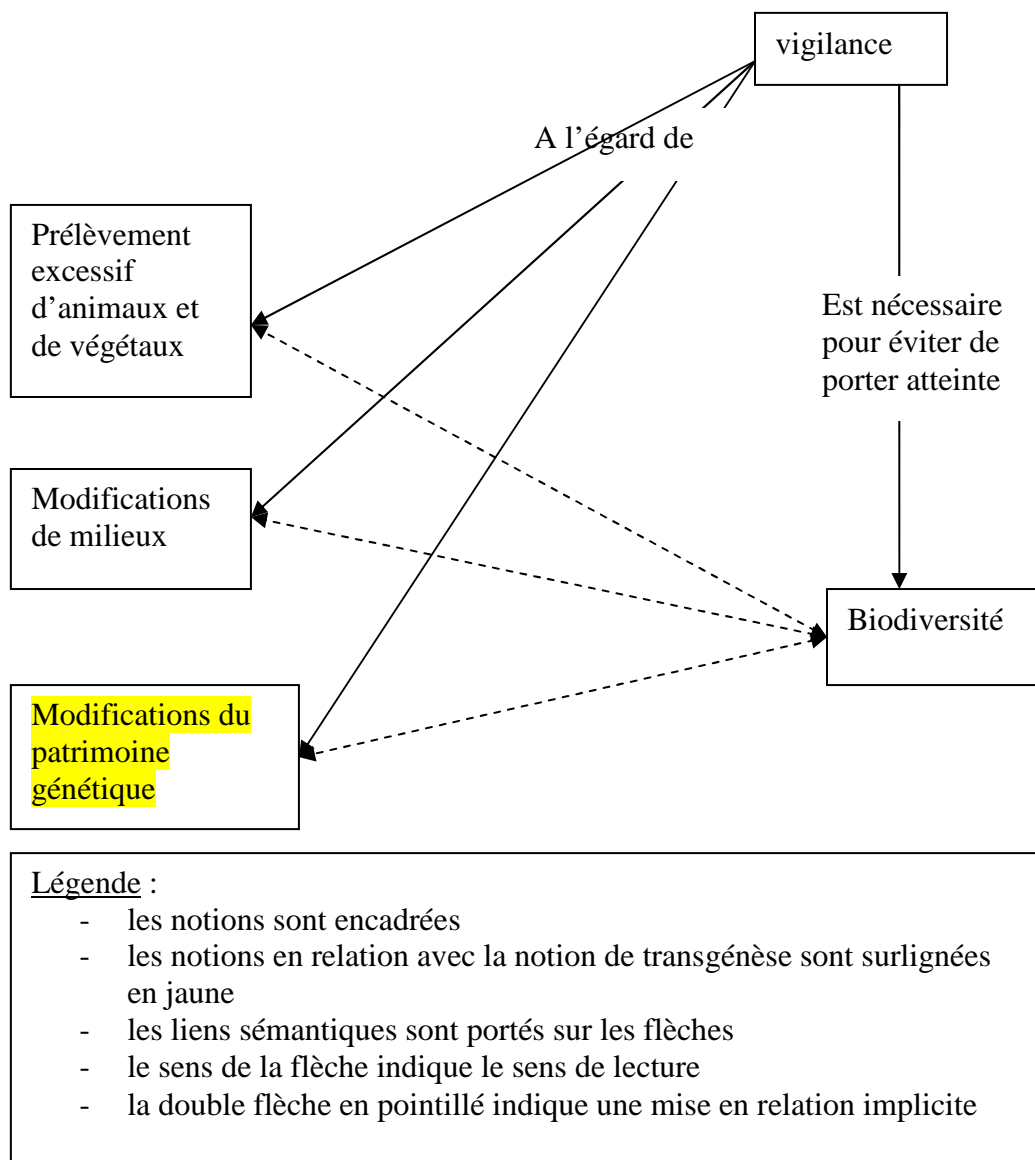


Figure 15: Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel de l'unité d'analyse incluant la notion « modification du patrimoine génétique » (3^{ème}, thème E, sous-partie 2.2)

➤ **Cohérence thématique dans laquelle s'inscrit l'unité d'analyse incluant la notion de « modifications du patrimoine génétique » : cohérence « unité d'analyse »- tâches de la partie- visées du thème et références**

Un examen des visées, des compétences et des tâches du thème, et de celles associées à l'unité d'analyse a été conduit et est proposé en annexe IV (**Tableaux 66.a, 66.b et 66.c**, p.270, 271 et 272).

Le **tableau 50** (p.324 du manuscrit) propose une mise en cohérence entre les visées, la démarche d'enseignement et les références du thème et l'unité d'analyse incluant la notion de « modifications du patrimoine génétique », les tâches associées et leurs références.

Légende du tableau 50 :

Référence 1 : référence à des pratiques scientifiques

Référence 4 : référence à des pratiques citoyennes

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche verte : mise en relation d'une tâche avec un savoir

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches.

Commentaire du tableau 50 : cohérences thématiques...

▪ **Références**

Les visées, les compétences et les tâches de ce thème associées à l'unité d'analyse incluant la notion de « modifications du patrimoine génétique » se réfèrent majoritairement à des références citoyennes (4).

Seule une des tâches proposées en association avec l'unité d'analyse : « Comparaison du nombre d'espèces dans deux milieux différents (urbain et forestier) ou dans un milieu à des époques différentes » nous semble davantage se référer à une tâche de pratique de recherche en écologie qu'à une tâche relevant de pratiques citoyennes.

Les références citoyennes nous semblent relever d'une référence à une citoyenneté rationnelle. Il s'agit de fonder en raison les responsabilités, de réfléchir, de discuter, d'expliquer plus que d'agir ou de débattre.

Tableau 50 : Proposition d'une cohérence thématique entre les visées, la démarche d'enseignement et les références du thème et l'unité d'analyse incluant la notion de « modifications du patrimoine génétique », les tâches associées et leurs références (3^{ème}, Thème E)

| | | | |
|---|---|--|--|
| E- Responsabilité humaine : santé et environnement (3-E) | | <u>Démarche d'enseignement :</u> Démarche de projet (mise en autonomie des élèves) Approche pluridisciplinaire (documents d'accompagnement) <u>Objets</u> problèmes liés à la responsabilité humaine en matière de santé et d'environnement | |
| 4 | <u>finalité:</u> Eduquer à la responsabilité (V-3-E) <u>visée</u> fonder sur les bases scientifiques (à mobiliser ou à approfondir) une réflexion sur les responsabilités individuelles et collectives (V-3-E) | Partie 2 L'Homme en général, chaque citoyen en particulier, a une responsabilité à l'égard de l'environnement à l'échelle de la planète, garant de sa santé (3-E-2) <u>Compétence E.2 :</u> discuter sur des bases scientifiques de la responsabilité de l'Homme quant aux conséquences de ses activités sur l'environnement à l'échelle de la planète (V-3-E-2) | |
| | Partie 1 La société en général, chaque citoyen en particulier, a une responsabilité à l'égard de la santé. La société organise la solidarité dans le domaine de la santé publique. (3-E-1) | S-3-E-2.2.b Une vigilance à l'égard des prélèvements excessifs d'animaux et de végétaux, des modifications de milieux de vie ou du patrimoine génétique est nécessaire pour éviter de porter atteinte à la biodiversité | Compétence : expliquer le rôle de l'Homme dans la gestion de la biodiversité (V-3-E-2.2) 1 I-Ra-Comparaison du nombre d'espèces dans deux milieux différents (urbains et forestier) ou dans un milieu à des époques différentes 4 Ra-Etude du règlement d'un parc naturel |
| 4 | <u>Compétence E.1 :</u> justifier sur la base de données scientifiques, le bien fondé de mesures prises dans le domaine de la santé. (V-3-E-1) | | |
| 1 | | | |
| 4 | | | |

... Commentaires du tableau 50 : cohérences thématiques (suite)...

Les documents d'accompagnement du programme de SVT pour la classe de 3ème précisent ce choix :

« L'enseignant doit attirer l'attention des élèves sur le fait que l'établissement de normes éthiques est un choix de société qui doit impliquer une réflexion de citoyens informés représentatifs de groupes sociaux divers, et qu'il ne relève pas de la compétence exclusive du scientifique. Le rôle de ce dernier est d'informer des risques scientifiquement prévisibles qui peuvent découler de l'application d'une pratique ou d'une technologie nouvelle. La pertinence des choix dépend de la qualité de la formation et de l'éducation de l'esprit critique de tous. Cette étude se fait en relation avec le professeur d'éducation civique. »

▪ **Articulation des visées**

Il existe une forte cohérence entre les visées du thème, de la partie 2 et de l'unité d'analyse.

La visée « réfléchir sur les responsabilités individuelles et collectives » dans les domaines de la santé et de l'environnement est déclinée dans la partie 2 en une discussion sur les conséquences des activités de l'homme sur l'environnement. Enfin, est précisée dans la dernière visée le domaine dans lequel les conséquences de l'activité de l'Homme vont être expliquées : la gestion de la biodiversité.

Nous souhaitons souligner qu'au fur et à mesure l'ambition de la visée change : **de réfléchir** pour le thème, on passe **à discuter** pour la partie puis **à expliquer**.

▪ **Articulation des tâches :**

Une cohérence implicite avec la démarche d'enseignement explicitée pour le thème

Si les tâches associées à l'unité d'analyse porte bien sur des objets d'intérêt pour le citoyen et sur des tâches scolaires, leur formulation permet de les mettre en œuvre dans le cadre de la démarche de projet annoncée.

Les tâches sont, en outre, fortement cohérentes avec la compétence associée à l'unité d'analyse : « expliquer le rôle de l'homme dans la gestion de la biodiversité ».

Par ailleurs ces deux tâches visent à travailler le rôle de l'homme sur la biodiversité à travers son action sur les prélèvements d'animaux et de végétaux et sur les milieux.

Aucune tâche ne vise à travailler le rôle de l'homme sur la biodiversité à travers son action sur le patrimoine génétique.

▪ **Cohérences proposées :**

De notre point de vue il existe une forte cohérence entre les visées explicitées aux différents niveaux d'organisation du thème (réfléchir/ discuter/ expliquer les conséquences de l'activité de l'Homme sur l'environnement), les tâches (examen de l'impact des activités humaines (positive et négative) sur les différentes espèces) et les références (citoyenneté rationnelle).

Greffage de la notion de « modifications du patrimoine génétique »

La notion de « modifications du patrimoine génétique » si elle peut être mise en relation avec les visées, la démarche d'enseignement et les références, n'est mise en relation avec aucune tâche.

En nous référant au **tableau 11** élaboré dans la partie II (p.117) sur les modes de prise en charge d'une notion par un thème, nous parlerons de greffage pour cette notion ou de notion d'ouverture.

Par ailleurs, malgré le greffage de contenus précisant l'influence des conditions de vie sur l'établissement d'un caractère, le programme de 3^{ème} s'inscrit dans une vision plutôt informationnelle (partie II, **tableau 10, p.101). La notion de « modifications du patrimoine génétique » risque alors davantage d'être mise en relation avec un modèle linéaire et déterministe qu'avec un modèle linéaire mais dont le déterminisme est modulé.**

2. Cohérence au niveau du programme

Une mise en relation des sélections opérées pour les tâches, visées et références du programme de 3^{ème} (Partie II, **figure 5**) et des visées, tâches et références des thèmes intégrant les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision et de la notion de « modifications du patrimoine génétique » est proposée dans la **figure 16**.

Légende de la figure 16:

Références, savoirs et tâches explicitées dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles (**finalités** surlignées en jaune)

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche rouge : marque une tension entre deux éléments du programme du point de vue des références.

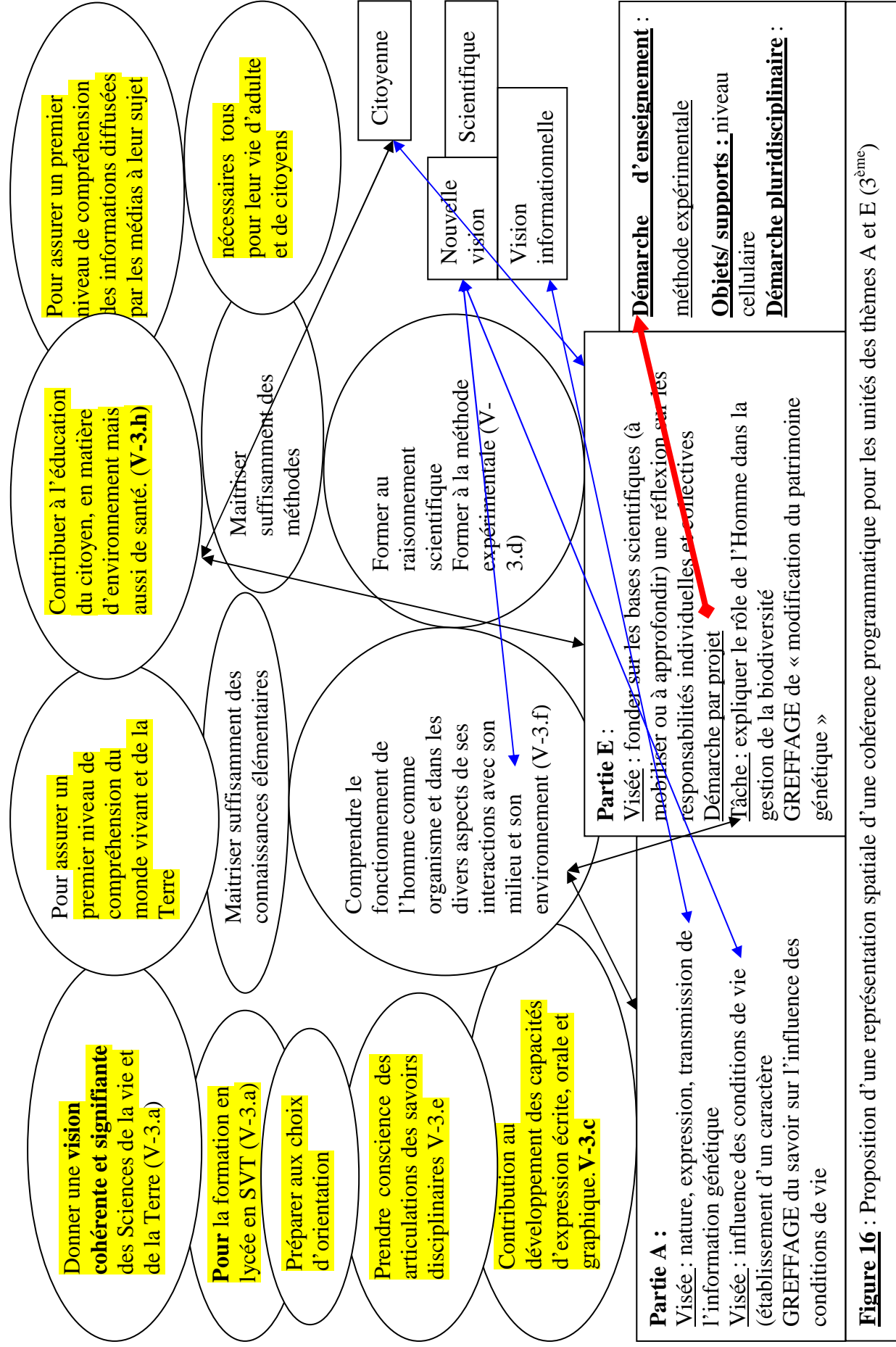


Figure 16 : Proposition d'une représentation spatiale d'une cohérence programmatique pour les unités des thèmes A et E (3^{ème})

Commentaire de la figure 16 : cohérence programmatique

▪ Cohérence du thème A par rapport au programme :

Les visées du thème A et les visées du programme se réfèrent au monde scientifique.

Les visées du thème A s'inscrivent en cohérence avec la visée notionnelle générale du programme de 3^{ème} : « comprendre le fonctionnement de l'homme comme organisme et dans les divers aspects de ses interactions avec son milieu et son environnement (V-3.f). »

Ces visées donnent l'image d'un programme qui s'inscrit plutôt dans la nouvelle vision.

Or, les contenus se référant aux savoirs de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision sont pris en charge sur le mode de la greffe ou du contenu d'ouverture. Présents, ils ne constituent pas le cœur des contenus et notions prescrits. D'ailleurs, une analyse de l'inscription paradigmatique du programme le situe plutôt dans une vision informationnelle.

Il nous semble repérer ici une incohérence entre les visées annoncées et leur référence et les notions et contenus prescrits et leur référence principale.

▪ Cohérence du thème E par rapport au programme :

Les visées et compétences explicitées pour le thème E s'inscrivent en cohérence à la fois avec la visée notionnelle générale du programme de 3^{ème} : « comprendre le fonctionnement de l'homme comme organisme et dans les divers aspects de ses interactions avec son milieu et son environnement (V-3.f) » et avec la finalité « Contribuer à l'éducation du citoyen, en matière d'environnement mais aussi de santé. (V-3.h) ».

Cette cohérence est particulièrement visible pour la compétence associée à l'unité d'analyse incluant la notion « modifications du patrimoine génétique » : expliquer le rôle de l'homme dans la gestion de la biodiversité. Elle vise en effet à la fois à comprendre un aspect de l'interaction de l'Homme avec son environnement et à contribuer à l'éducation du citoyen en matière d'environnement notamment en termes de citoyenneté rationnelle.

La démarche prônée pour le thème E est en cohérence avec une référence citoyenne, mais s'inscrit en tension avec la démarche de référence scientifique.

Cette tension au niveau de la démarche renforce, de notre point de vue, la référence citoyenne de ce thème et marque la contribution spécifique de ce thème à la finalité citoyenne.

C. Examen des contenus et visées des programmes de 2^{nde} se référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

1. Réseaux notionnels et cohérences thématiques et paradigmatiques

a. Pour les contenus et visées se référant à des pratiques de transgénèse

En seconde, deux unités d'analyse se réfèrent à des pratiques de transgénèse. Une unité d'analyse correspondant à un savoir (S-2-B-II-2.a), « **La transgénèse** repose sur l'universalité de la molécule d'ADN en tant que support de l'information génétique » et une à une tâche (A-2-B-II-2.a), « Analyse documentaire d'expérience de transgénèse ».

Les pratiques de transgénèse en biotechnologie s'inscrivant ou pas dans la nouvelle vision (1.5 ou 1.6) constituent a priori deux références possibles pour ce savoir et pour cette tâche. Les pratiques de recherche et développement pour la production industrielle ou agricole peuvent aussi être envisagée comme référence (3.1) (non codées).

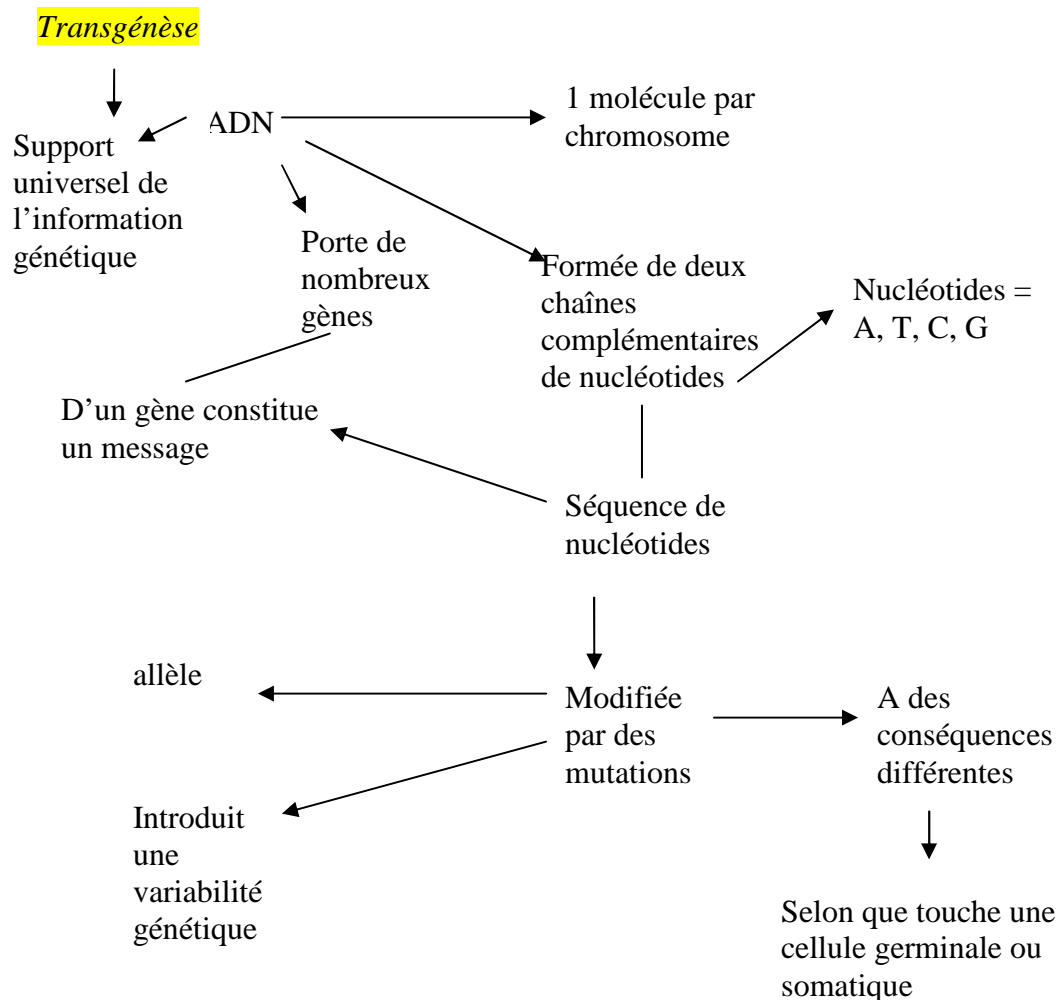
Ces deux unités d'analyse sont issues du thème II du programme de seconde en biologie (organisation du programme de 2^{nde} **tableaux 44 et 68.d** des annexes IV, p.163 et p.282), « cellule, ADN et unité du vivant ». Elles s'inscrivent dans la deuxième partie intitulée « Universalité et variabilité de la molécule d'ADN ».

Dans un premier temps sera établi le réseau notionnel de la partie incluant l'unité d'analyse de savoir puis les cohérences thématiques entre les visées, les tâches, les références du thème et des énoncés de savoir seront examinées afin d'identifier le mode d'insertion de ces unités d'analyse.

➤ Réseau notionnel de la partie dans laquelle s'inscrit la notion de « transgénèse » présente dans l'unité d'analyse de savoir

L'examen (**Tableau 68.a** des annexes IV, p.280) des énoncés de la colonne « notions et contenus » de la deuxième partie « Cellule, ADN et unité du vivant » permet de proposer l'inscription de la notion de « transgénèse » dans le réseau notionnel de la partie 2 représenté ci-dessous par la **figure 17**.

Figure 17: Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel des énoncés de la partie 2 dans laquelle s'inscrit l'unité d'analyse incluant la notion de « transgénèse » (thème II, classe de 2nde)



Légende de la figure 17

la notion de transgénèse est surlignée en jaune
 les liens sémantiques sont portés sur les flèches
 le sens de la flèche indique le sens de lecture

Si on se base sur le nombre de relations établies par les différentes notions pour identifier les notions centrales, trois notions semblent centrales dans cette partie du programme et en constituent le cœur notionnel: les notions d'ADN, de séquences de nucléotides et de mutations.

La notion de transgénèse est faiblement mise en lien avec le réseau. Elle est périphérique.

Proposition d'une interprétation de la mise en lien de la notion de transgénèse dans ce réseau notionnel

La lecture des énoncés (**Tableau 68.a** des annexes de la partie IV, p.280) de la partie 2 montre que la notion de « transgénèse » est mise en relation avec la notion « d'universalité de l'ADN comme support de l'information génétique ». L'analyse sémantique de l'unité d'analyse « La transgénèse repose sur l'universalité de la molécule d'ADN en tant que support de l'information génétique » suggère une primauté de la notion de transgénèse sur celle d'universalité de la molécule d'ADN présentée comme son principe scientifique (« repose »).

Le réseau notionnel suggère une interprétation en tension à la précédente. En effet, l'ADN est une des notions centrales de cette partie. La notion de « transgénèse » apparaît alors comme davantage « au service » de la notion d'ADN que présente pour elle-même.

Cette interprétation est confortée par les documents d'accompagnement de la classe de seconde qui précisent que « *La démonstration de ce rôle [universalité de la molécule d'ADN comme support de l'information génétique] est faite ici en s'appuyant sur la transgénèse interspécifique qui consiste à introduire un fragment d'ADN contenant un gène d'une espèce dans un individu d'une autre espèce. Elle conduit à une modification du génotype qui peut s'exprimer par une variation du phénotype de l'individu receveur. Ceci prouve non seulement que l'ADN est le support de l'information génétique mais aussi que ce support est universel.* »

La notion de « transgénèse » est donc au service de la notion d'universalité et n'est donc pas étudiée pour elle-même.

Néanmoins, les documents d'accompagnement poursuivent : « *sans entrer dans l'étude des méthodes de la transgénèse, cette partie du programme permet d'en établir le principe et d'envisager ses conséquences au niveau de la cellule ou de l'organisme.* »

Au terme de cette analyse, il apparaît que la notion de « transgénèse » est au service de la construction de la notion « d'universalité de la molécule d'ADN comme support de l'information génétique ».

➤ **Cohérence thématique dans laquelle s'inscrivent les unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse : cohérence savoir- tâches de la partie- visées du thème II (classe de 2nde)**

Un examen des visées du thème II, de leurs références, de l'unité d'analyse correspondant à la tâche et au savoir et de leurs références a été conduit. Les analyses sont proposées en annexe. (**Tableaux 68.c, 68.d, 68.e et 68.f** des annexes de la partie IV, p.281, 282, 283 et 285)).

Les visées du thème II « Cellule, ADN et unité du vivant »

Toutes les visées et finalités explicitées pour le thème II sont scientifiques. Elles se réfèrent aux résultats de différentes pratiques de recherche scientifique.

Caractérisation et articulation des visées du programme pour cette partie

La prise en compte des différentes formulations des objectifs pour le thème II dans l'introduction du programme de seconde et dans l'introduction du thème II montre une **restriction des finalités** concernant cette partie. En effet, l'introduction du programme de seconde annonce deux finalités : les notions de patrimoine génétique et d'origine commune des espèces alors que la seule finalité présente dans l'introduction du thème II est « **l'origine commune des espèces** ». **Cette finalité est, par ailleurs, présentée comme l'objectif général du thème.**

Par contre, ces différentes finalités constituent des perspectives pour une même visée: « mettre en évidence les propriétés fondamentales communes aux différentes échelles : cellulaires, moléculaires (ADN) et de l'organisme ». Cette visée est davantage cohérente avec la finalité « dégager la notion d'origine commune des espèces » qu'avec celle de « dégager la notion de patrimoine génétique » qui ne correspond qu'à la mise en évidence de propriétés fondamentales communes au niveau de l'ADN.

Nous proposons d'interpréter la finalité « dégager la notion d'origine commune des espèces » comme la **finalité principale**. « Dégager la notion de patrimoine génétique » apparaît alors comme une finalité secondaire.

La visée de mettre en évidence l'unité et la diversité pour chacun de ces trois niveaux d'organisation correspond au titre de chacune des trois parties du thème.

Une forte cohérence existe donc entre la visée du thème et les trois parties du thème.

Enfin au terme du traitement des trois parties, un énoncé de savoir explicite l'objectif général « les similitudes aux différents niveaux d'organisation : cellule, molécule d'ADN, et organisation conduisent à la notion d'origine commune des espèces. » (**Tableaux 68.d et 68.f** des annexes de la partie IV, p.283 et p.285)

Conclusion : une finalité principale, une finalité secondaire

Du point de vue de sa construction, ce thème présente une cohérence forte entre la finalité principale « dégager la notion d'origine commune des espèces », l'explicitation de la visée du thème et les titres des trois parties. Si la finalité principale se réfère à des pratiques de recherche en évolution, les résultats sélectionnés comme référence pour la visée principale sont issue de pratiques de recherche en biologie cellulaire, moléculaire et en embryologie.

La **finalité secondaire** « **notion de patrimoine génétique** » non reprise dans l'introduction du thème, ni d'ailleurs dans les notions et contenus, mais qui peut être atteinte implicitement par les contenus et notions de la partie II, se réfère à des résultats issus de pratiques de recherche en génétique classique.

Les documents d'accompagnement :

- proposent des visées intermédiaires cohérentes avec la visée du thème pour chacune des parties du thème (cf. tableau 68.e des annexes de la partie IV, p.283) ;
- proposent une visée culturelle (donner une culture scientifique de base) notamment sur le rôle de l'ADN en tant que support de l'information génétique **et sa modification** par des **agents de l'environnement (mutations)** ou **par l'homme (transgènèse)**. Cette visée est présentée comme ayant une finalité citoyenne rationnelle (pour comprendre les enjeux éthiques, philosophiques, sociaux, économiques).

La **figure 18**, présentée ci-dessous, propose une mise en cohérence entre les visées, leurs références et les deux unités d'analyse incluant la notion de « transgénèse », l'unité d'analyse correspondant à un savoir, l'unité d'analyse correspondant à une tâche et leurs références.

Commentaire de la figure 18 : Propositions de caractérisation de la mise en cohérence thématique de la notion de transgénèse dans le thème II du programme de seconde

- **Une cohérence forte (flèches épaisses) est construite ...**

...entre la notion « d'universalité de l'ADN » de l'unité d'analyse correspondant à un savoir, la tâche d'étude documentaire d'expérience de transgénèse de l'unité d'analyse A.2-B-II-2.a, la visée intermédiaire « mettre en évidence l'universalité de la nature du support de l'information génétique », la visée du thème « mettre en évidence les propriétés communes au niveau de l'ADN », et une référence à des pratiques scientifiques de biologie moléculaire classique (1.6).

Cette cohérence forte est établie avec la notion « d'universalité de l'ADN comme support de l'information génétique » de l'unité d'analyse de savoir S-2-B-II-2.a,

- **La notion de transgénèse n'est pas en relation directe avec l'une des visées intermédiaires de la finalité principale.**

Une mise en relation avec la visée culturelle à finalité citoyenne rationnelle est suggérée dans les documents d'accompagnement pour la transgénèse : comprendre les modifications apportées à l'ADN par l'homme pour mieux comprendre « *certaines enjeux philosophiques, éthiques, sociaux et économiques de notre époque et des prochaines décennies* ». Cette mise en relation peut être renforcée par le choix possible par l'enseignant d'une expérience de transgénèse non issue d'une pratique de recherche scientifique. En effet, l'**activité** A-2-B-II-2.a dont l'objet est la transgénèse « *Analyse documentaire d'expériences de transgénèse* » présente une formulation ouverte qui permet de choisir parmi les diverses pratiques où se réalisent des expériences de transgénèse (pratiques de recherche en biotechnologiques, pratiques de recherche et développement en production industrielle, agricole, etc.). De même la formulation de la tâche est ouverte.

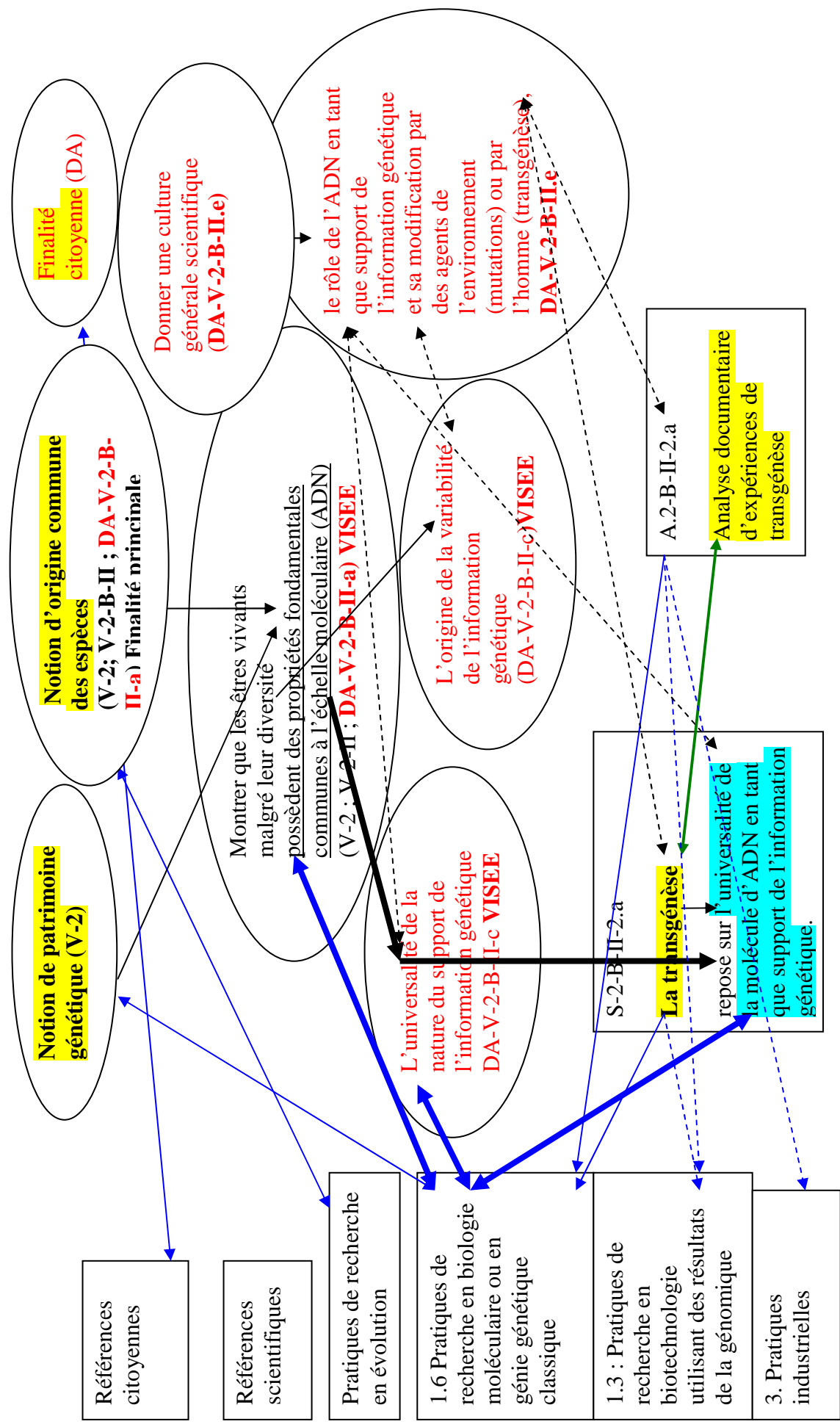


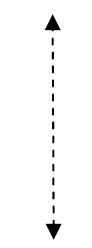
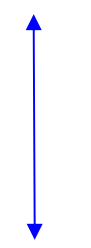





Figure 18 : Proposition de la mise en cohérence thématique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénése (thème II, 2^{nde})

| Représentation | signification |
|---|--|
| Références | Explication des différentes références implicites identifiées pour les visées, savoirs, tâches et objets |
| S-2-II-2.a ou A-2-II-2.a | Énoncés correspondant aux différentes unités d'analyses des éléments composant les programmes (savoirs et tâches et objets) et se référant à des pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique |
|  | <p>Visées : Explication des différentes visées du programme et</p> <p>Visées : explicitation des visées présentes dans les documents d'accompagnement (en rouge)</p> |
|  | <p><u>Double flèche noire pleine</u> : lien entre les différentes visées et les savoirs et les activités</p> <p><u>Remarque</u> : le lien indiqué est une proposition de lien logique déduit de la cohérence de la succession des énoncés</p> |
|  | <p><u>Double flèche noire en pointillés</u> : lien possible entre des visées et des savoirs et des activités mais qui ne se déduit pas des énoncés présents ni dans le programme, ni dans les documents d'accompagnement</p> |
|  | <p><u>Double flèche bleue pleine</u> : proposition de lien entre les différents éléments composant les programmes et les documents d'accompagnement et différentes références</p> |
|  | <p><u>Double flèche bleue en pointillés</u> : proposition de lien possible entre les différents éléments composant les programmes et documents d'accompagnement peu probable en raison soit de la formulation des énoncés, soit d'énoncés complémentaires issus des documents d'accompagnement ou de la suite du programme</p> |
|  | <p><u>Double flèche verte pleine</u> : proposition de lien entre les savoirs et les tâches et les objets proposés comme activités</p> |
|  | <p><u>Double flèche verte en pointillés</u> : proposition de lien possible entre les savoirs et les tâches et les objets proposés comme activités mais peu probable</p> |

...Commentaire de la figure 18 : Propositions de caractérisation de la mise en cohérence thématique de la notion de transgénèse dans le thème II du programme de seconde (suite)...

Aucune information n'est donnée sur le contenu des documents : ils peuvent se limiter au principe de la transgénèse, montrer la diversité des pratiques de la transgénèse (scientifique, industrielle et citoyenne), évoquer les limites et les avancées de ces pratiques et permettre éventuellement outre de faire un état des lieux de la pratique de réfléchir sur certains des enjeux évoqués.

Ni le programme, ni les documents d'accompagnement n'explicitent les tâches, les supports à mettre en œuvre, les savoirs à construire sur et à propos de la notion de transgénèse mise en relation avec cette visée de culture générale scientifique à orientation citoyenne.

Ainsi si la formulation de l'activité est suffisamment flexible pour permettre un traitement de la transgénèse selon une double finalité scientifique et/ou citoyenne, sa mise en relation avec la notion « d'universalité de l'ADN » inscrite en forte cohérence avec la visée centrale à finalité scientifique ainsi que l'absence de la finalité citoyenne dans le programme, incitent peu, de notre point de vue, à cette interprétation d'une cohérence avec la finalité citoyenne de ces deux unités d'analyse.

▪ **Conclusion :**

En nous référant au **tableau 11** établi dans la partie II (p.117), nos analyses suggèrent un **masquage** de la notion de transgénèse.

Le réseau notionnel montre que la notion de transgénèse est mise au service de la notion d'universalité de l'ADN.

Le réseau thématique montre que les unités d'analyse incluant la notion de transgénèse sont insérées dans un réseau de forte cohérence visant l'établissement de la notion d'universalité de l'ADN (visées, références) et réduisant la notion de transgénèse à son principe scientifique. La référence principale correspond alors aux résultats des pratiques de recherche scientifique sur l'universalité de l'ADN. Les références aux différentes pratiques de transgénèse sont **masquées**.

Néanmoins, la notion de transgénèse peut avoir une existence propre au sein d'un réseau en relation avec la finalité citoyenne. Dans ce cas différentes références aux différents aspects des pratiques de transgénèse peuvent être prises en compte ainsi que les enjeux associés. Cette finalité étant secondaire, ce réseau autour de la notion de transgénèse peut être considéré comme un **greffage possible**.

b. Pour les contenus et visées se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

Aucune unité d'analyse du programme de seconde ne se réfère à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Par contre pour la partie 3 « parenté et diversité des organismes » du thème II « Cellule, ADN et unité du vivant », les documents d'accompagnement reformulent certains des contenus et notions de cette partie en se référant à des résultats de pratique de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

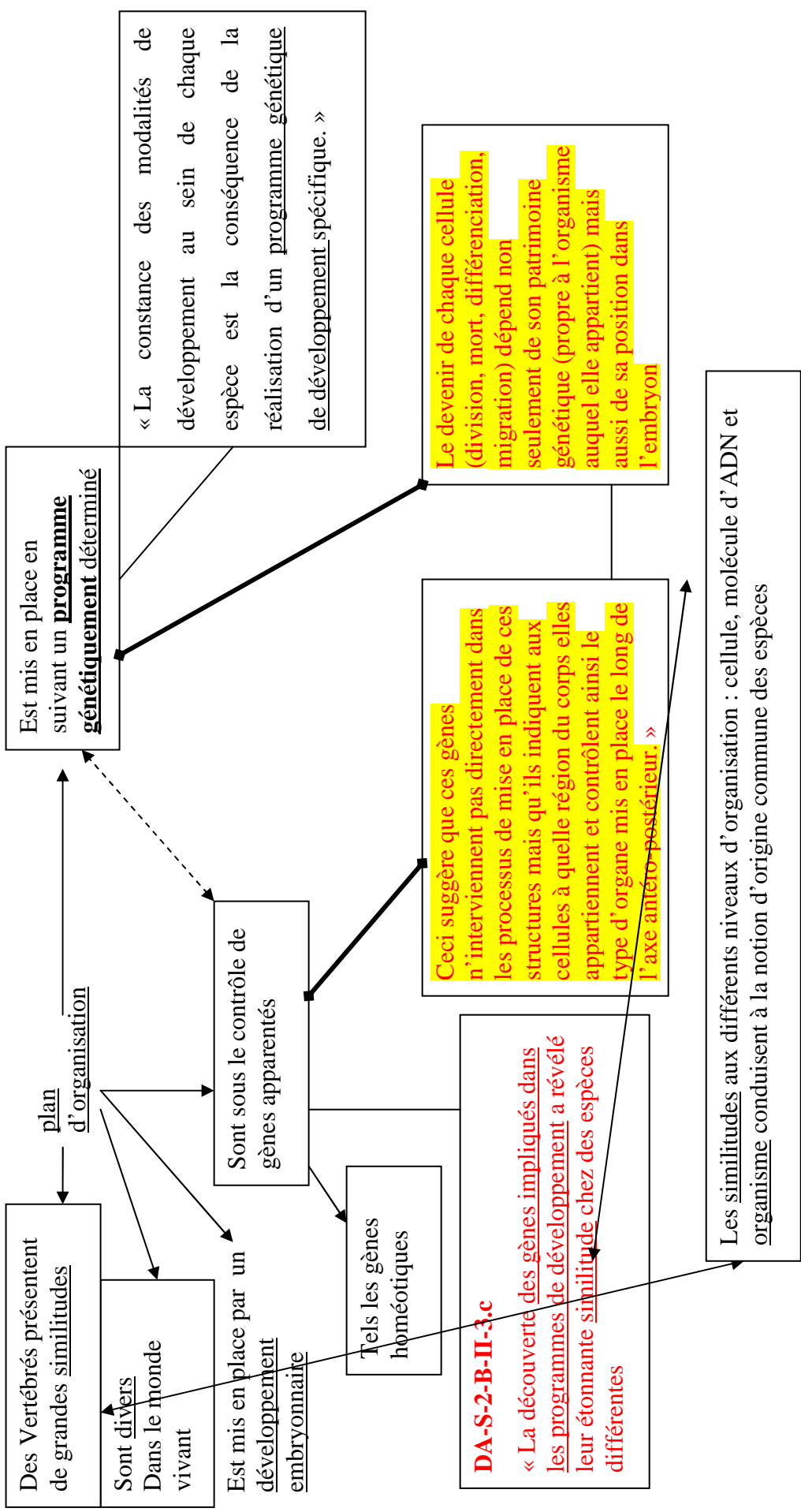
Un examen des contenus de la partie 3 concernés, des énoncés des documents d'accompagnement a été conduit et est proposé dans le **tableau 69** des annexes de la partie IV, p.287.

Cet examen montre qu'une tension concernant les références existe entre les deux énoncés des programmes et ceux des documents d'accompagnement. Les contenus des programmes de la partie 3 du thème II se réfèrent à des résultats de pratiques de recherche s'inscrivant dans la vision informationnelle alors que les énoncés des documents d'accompagnement se réfèrent à des résultats de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

➤ **Proposition d'un réseau des énoncés du programme et des documents d'accompagnement (partie 3, thème II, 2nde)**

Une représentation graphique (**figure 19**, p.339 du manuscrit) des différents énoncés du programme (en noir) et des documents d'accompagnement (en rouge) permet de visualiser ces tensions.

Figure 19 : Proposition d'une représentation spatiale des tensions en termes de référence entre les contenus des programmes et les énoncés des documents d'accompagnement (partie 3, thème II, 2nde)



Légende de la figure 19 :

- les énoncés notionnels sont encadrés
- les énoncés se référant à des résultats de pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision sont surlignés en jaune
- les liens sémantiques sont portés sur les flèches
- le sens de la flèche indique le sens de lecture
- la double flèche en pointillé indique une mise en relation implicite
- la double flèche en gras indique une mise en tension implicite

Commentaire de la figure 19 : mise en tension des énoncés du réseau

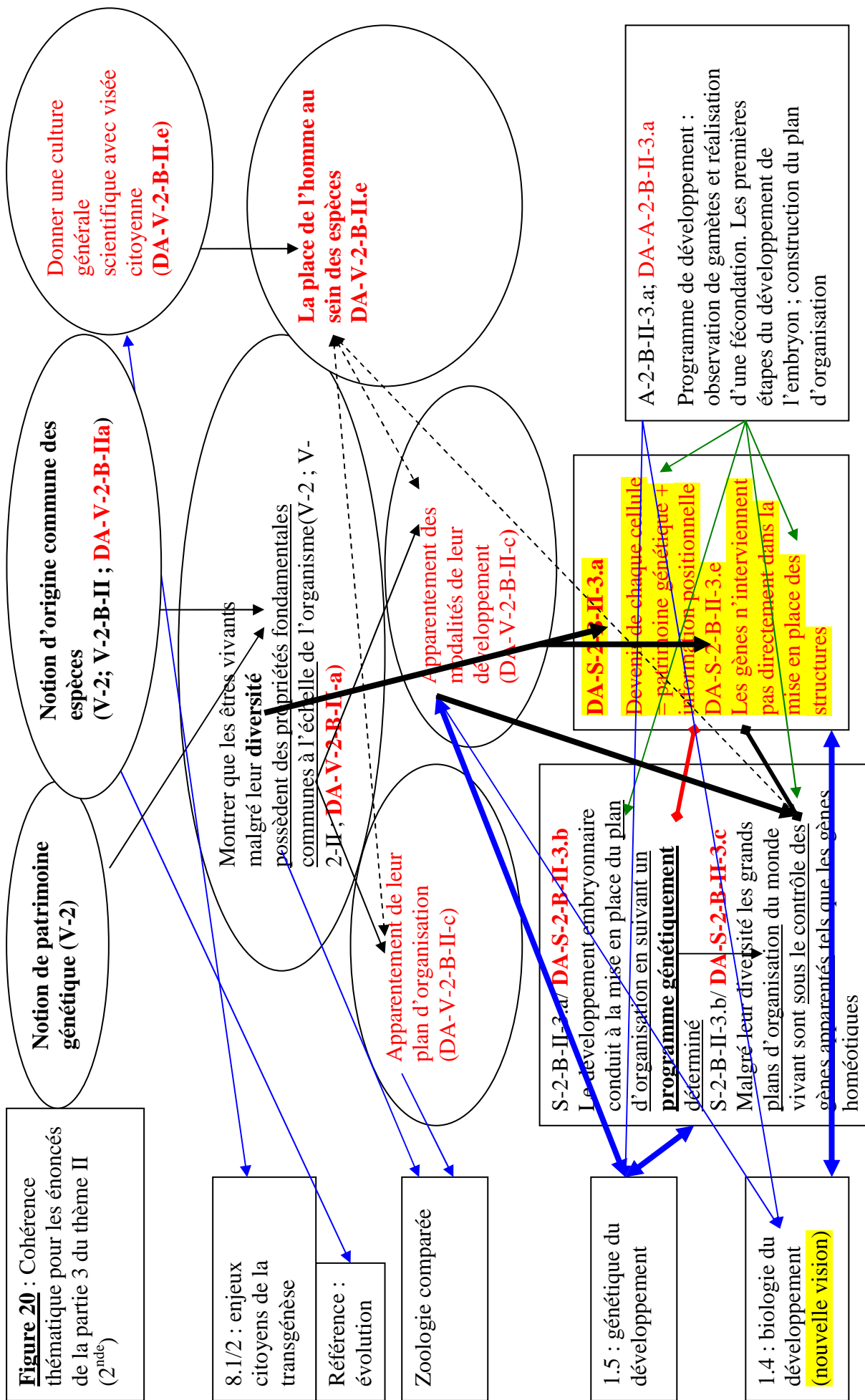
La mise en parallèle des unités d'analyse de « savoir » du programme et des énoncés des documents d'accompagnement pour la classe de 2nde pour cette partie montre dans les documents d'accompagnement l'installation d'une tension entre des énoncés qui reprennent ceux du programme et qui insistent sur le contrôle du développement embryonnaire par un programme génétique de développement et des gènes apparentés et des énoncés qui les complètent en atténuant et modérant leur caractère déterministe et réductionniste et en introduisant l'idée d'un contrôle partagé entre l'information génétique et d'autres signaux. (1.5)

Ces énoncés ne sont pas des explicitations simples des énoncés du programme. Ils apportent de nouvelles informations qui modifient leur sens vers une vision plus complexe, moins génocentrée du développement embryonnaire.

Ainsi les énoncés des documents d'accompagnement et leurs références présentent de notre point de vue une **insertion en tension** par rapport aux énoncés du programme.

➤ **Cohérence thématique : articulation des visées, des références du thème II et des contenus et de leurs références**

Une représentation schématique de l'articulation des contenus du programme et des énoncés des documents d'accompagnement avec les visées, finalités et références du thème II est proposée **figure 20**.



Légende de la figure 20:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche rouge : marque une tension entre deux éléments du programme du point de vue des références.

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Commentaire de la figure 20 : cohérence thématique pour les énoncés du programme et des documents d'accompagnement (qui se réfèrent à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision) (partie 3, thème II, 2nde)

L'articulation des visées, pour la partie 2-B-II-3, met en évidence que pour cette partie la visée centrale « établir la notion d'origine commune des espèces » est explicitée dans les programmes par une visée intermédiaire visant « l'établissement de propriétés fondamentales communes au niveau de l'organisme malgré leur diversité ». Mais la visée intermédiaire explicitée dans les documents d'accompagnement centre cette partie sur l'appareillement des plans d'organisation et des modalités de leur développement, la diversité passe ainsi au second plan.

Il nous semble que les unités d'analyse du programme répondent fortement à cette volonté de mettre en évidence l'appareillement des modes de développement en centrant leur comparaison sur le programme génétique de développement et le rôle de gènes apparentés, les gènes homéotiques.

Les énoncés des documents d'accompagnement qui se réfèrent à une vision plus complexe du développement embryonnaire nous semblent justement, en plus de la mise en évidence d'un appareillement, proposer des pistes d'explication de la diversité.

Ces énoncés et leurs références nous semblent donc dans une double tension :

- une tension de sens : les énoncés des documents d'accompagnement modifient le sens des unités d'analyse du programme par un changement de référence;
- une tension de visée : ces énoncés permettent l'explication de la diversité alors que la visée principale est la mise en évidence de l'appareillement.

La tâche proposée, et dans le programme et dans le document d'accompagnement, ne précise que l'objet d'étude (observation du programme de développement). Elle est donc suffisamment flexible du point de vue de la tâche pour permettre de construire les énoncés et du programme et des documents d'accompagnement et peut potentiellement se référer soit à la génétique du développement (programme de développement) soit à une biologie du développement moins génocentrée.

Conclusion : l'insertion des énoncés du document d'accompagnement est donc une **insertion en tension** à la fois avec les unités d'analyse du programme et avec leur(s) visée(s).

Est donc installée en tension une double cohérence :

- une cohérence entre la visée d'appareillement, les unités d'analyse du programme et certains des énoncés des documents d'accompagnement et la référence à la génétique du développement (vision informationnelle) et l'activité (très flexible) ;
- une cohérence entre l'explication de la diversité des plans d'organisation malgré la possession de gènes apparentés (complexifie le discours par rapport à l'objectif principal), les énoncés des compléments de programme se référant à des résultats de pratiques de recherche en biologie du développement moins génocentrée et l'activité (très flexible).

2. Inscription paradigmatique des contenus et visées se référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision

L’analyse conduite sur le programme de seconde dans la partie II (**tableau 10**, p.101) concernant son inscription dans les différentes visions concluait à une inscription forte plutôt dans la vision informationnelle.

Le **tableau 51** indique la vision d’inscription des différentes parties du thème II en référence à la grille d’analyse établie dans la partie II (**tableau 9**, p.98).

Tableau 51 : Inscription des unités d’analyse du programme de la partie II et des énoncés associés des documents d’analyse (2^{nde})

| vision | Unité d’analyse du thème II | Enoncés des documents d’accompagnement (2 ^{nde}) | vision |
|--|-----------------------------|--|--------|
| VI | 2-B-II-1- Partie 1 | | |
| VI | 2-B-II-2-Partie 2 | | VI |
| VI | 2-B-II-3- Partie 3 | 2-B-II-3 | NV |
| VI signifie : vision informationnelle du vivant NV : nouvelle vision surlignée en jaune | | | |

La prise en compte des documents d’accompagnement introduit un infléchissement du programme vers une inscription moins prononcée dans la vision informationnelle.

Les unités d’analyse se référant à la transgénèse issues de la partie 2 du thème II s’inscrivent dans une vision informationnelle.

La question de l’impact de l’appréhension de cette notion dans le cadre de cette vision en termes scientifique et citoyen serait à explorer.

Associer à la transgénèse, un modèle linéaire et déterministe de l’expression génétique qui lie un gène à un caractère, permet une compréhension différente de cette notion de celle permise par son association à un modèle de l’expression génétique où des réseaux de gènes interagissent avec l’environnement pour établir un caractère.

Les énoncés des documents d’accompagnement contribuent à nuancer la vision informationnelle portée par les programmes.

3. Cohérence au niveau du programme de seconde

a. Pour les unités d'analyse incluant la notion de transgénèse

Une mise en relation des sélections opérées pour les tâches, visées et références du programme de seconde (**figure 7** de la Partie II, p.107) et des visées, tâches et références des thèmes intégrant les unités d'analyse incluant la notion de « transgénèse » est proposée dans la **figure 21**.

Légende de la figure 21:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Commentaire de la figure 21 : prise en charge au niveau du programme de seconde des unités d'analyse incluant la notion de « transgénèse » ...

Les finalités, visées, tâches et références du programme de seconde renforcent à la fois :

- la **cohérence forte** construite au niveau du thème entre la notion d'universalité de la molécule d'ADN, la tâche d'analyse d'expérience de transgénèse, une référence à des pratiques de biologie moléculaire ou de génie génétique classique et la visée de mettre en évidence un apparentement entre les êtres vivants au niveau moléculaire ;
- la **cohérence possible** construite au niveau du thème entre la notion de transgénèse, la tâche d'analyse d'expérience de transgénèse, une référence à des pratiques de génie génétique incluant des résultats, des ressources de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision ou à des pratiques de production, et la visée culturelle à finalité citoyenne.

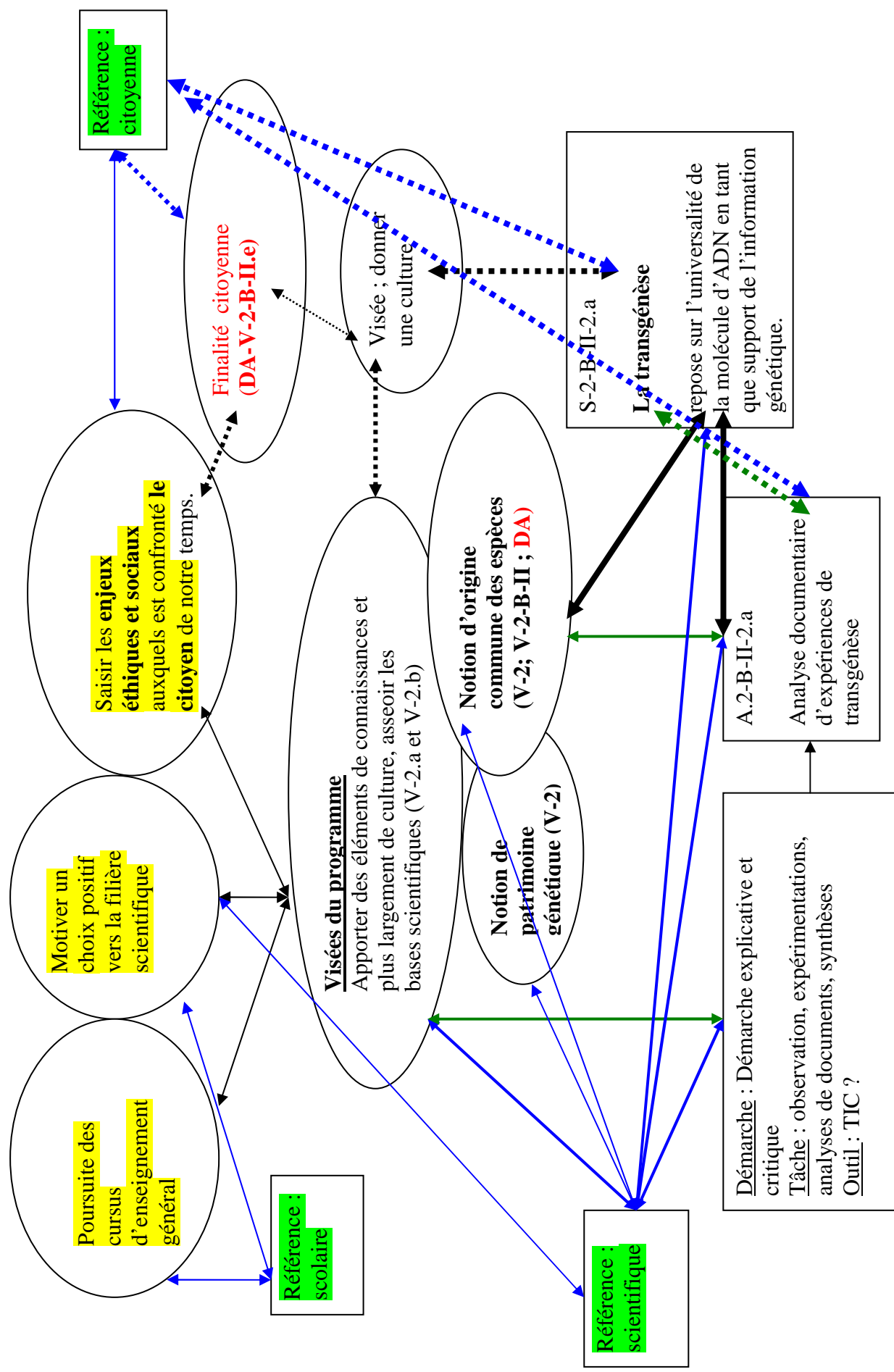


Figure 21 : Mode d'agencement programmatique pour les unités d'analyse incluant la notion de « transgénèse » (2^{nde})

...Commentaire de la figure 21 : prise en charge au niveau du programme de seconde des unités d'analyse incluant la notion de « transgénèse » (suite)...

En effet, la visée du programme « Apporter des éléments de connaissances et plus largement de culture, asseoir les bases scientifiques » est à la fois en cohérence avec la visée du thème « mettre en évidence les apparentements aux différents niveaux d'organisation » et la visée culturelle explicitée dans les documents d'accompagnement.

Par ailleurs, parmi les trois finalités associées à cette visée du programme, une des finalités se réfère à une citoyenneté rationnelle « saisir les **enjeux éthiques et sociaux** auxquels est confronté **le citoyen** de notre temps. » L'explicitation de cette finalité renforce la cohérence possible construite autour de la référence citoyenne et la notion de transgénèse.

Ainsi si le programme est plutôt construit autour de cohérences fortes ancrées dans les références scientifiques. Des cohérences secondaires ancrées dans des références notamment citoyennes sont présentes et offrent une lecture enrichie du programme.

b. Pour les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Une mise en relation des sélections opérées pour les tâches, visées et références du programme de seconde (**figure 7** de la Partie II, p.107) et des visées, tâches et références des thèmes intégrant les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision et des énoncés des documents d'accompagnement est proposée dans la **figure 22**.

Légende de la figure 22:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

Double flèche rouge marque une mise en tension

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

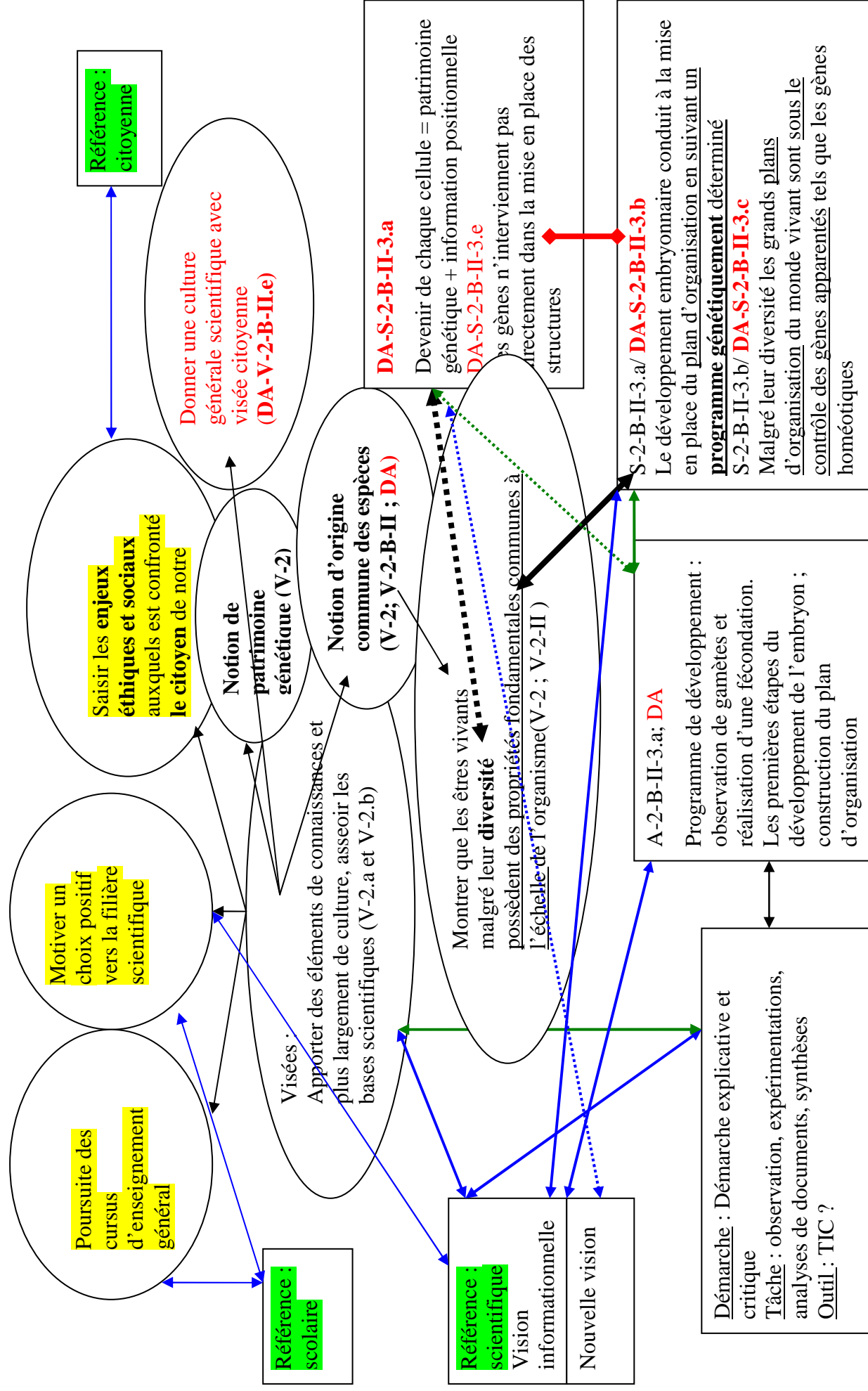


Figure 22 : Mode d'agencement programmatique pour les contenus en tension en termes de référence avec les DA (2nde)

Commentaire de la figure 22 : prise en charge au niveau du programme de seconde des unités d'analyse en tension du point de vue de l'inscription dans les différentes visions avec les énoncés des documents d'accompagnement

Les visées, finalités et tâches explicitées pour le programme de 2^{nde} n'explicitent que peu leur référence scientifique. Les visées du thème, les savoirs énoncés dans la partie 3 du programme et dans les documents d'accompagnement et la tâche proposée pour la construction de ces savoirs s'inscrivent en tension au niveau du thème mais en cohérence au niveau du programme.

La sélection d'une référence à des pratiques scientifiques non spécifiées au niveau du programme permet donc l'inscription en cohérence de différents savoirs se référant à des pratiques scientifiques s'inscrivant dans des cadres théoriques en tension.

c. Pour les thèmes au choix

➤ Proposition d'une cohérence thématique pour les thèmes au choix de la classe de 2^{nde}

Un examen des visées, finalités, tâches et références explicitées dans les documents d'accompagnement a été conduit (**tableau 70** des annexes IV, p.290) et une représentation graphique des cohérences identifiées est présentée dans la **figure 23**.

Légende de la figure 23:

Références, savoirs et tâches explicitées dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

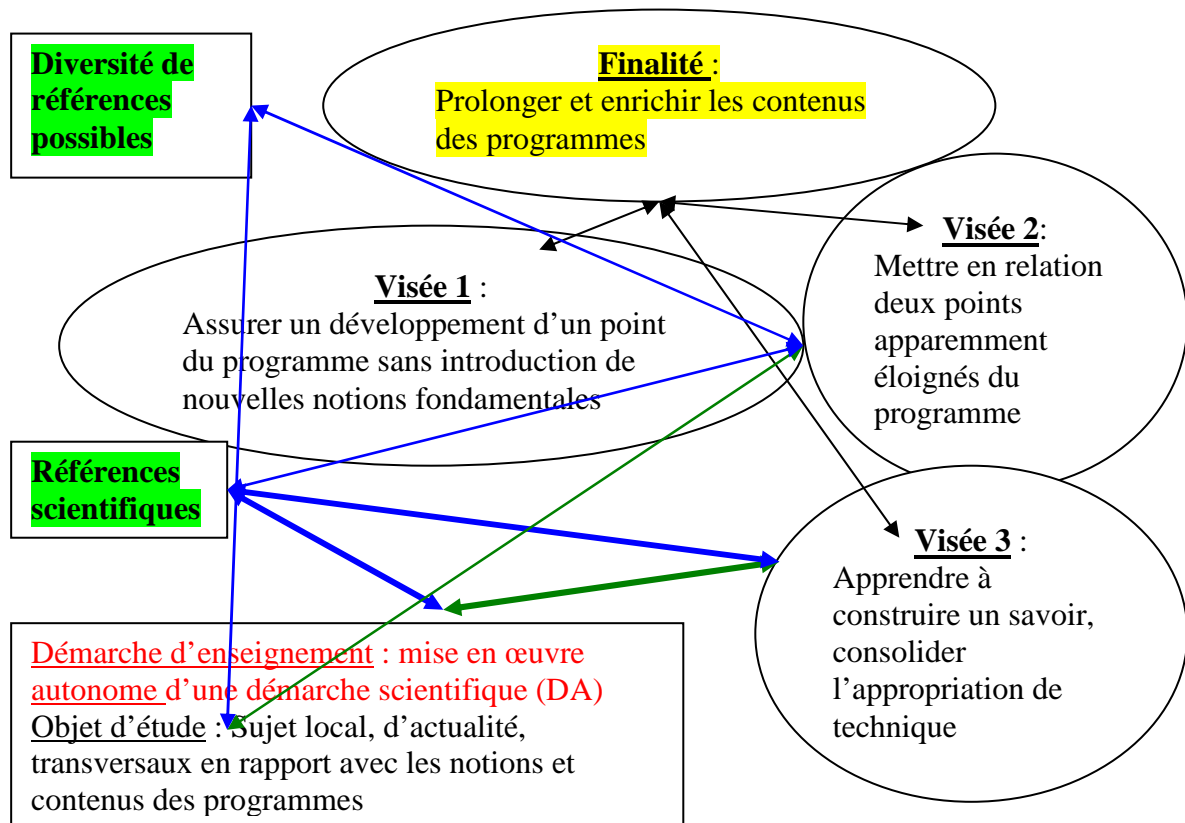
Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement sont en rouge

Figure 23 : Proposition d'une mise en cohérence « thématique » pour les thèmes au choix du programme de 2nde



Commentaire de la figure 23 : cohérence « thématique » entre les finalités, visées, tâches (démarche d'enseignement, objet et références proposées) pour les thèmes au choix du programme de seconde

Deux cohérences peuvent être identifiées :

- une cohérence forte entre les références scientifiques, la visée méthodologique (visée 3) « Apprendre à construire un savoir, consolider l'appropriation de technique » et les tâches suggérées « mise en œuvre autonome d'une démarche scientifique » et la finalité ;
- une cohérence plus faible car moins explicite entre les deux visées notionnelles (visées 1 et 2), la finalité, les objets d'étude et une ouverture à de multiples références.

Les thèmes au choix se référant à des pratiques de transgénèse « Les **organismes transgéniques** en production industrielle (agroalimentaire, pharmaceutique...) » ; « Bioéthique : les thérapies géniques » ou à des pratiques de recherche pouvant éventuellement s'inscrire dans la nouvelle vision, « Mutations et cancers liés aux facteurs de

l'environnement » suggèrent par leur formulation des références à des pratiques de production industrielle, à des pratiques citoyennes questionnant des pratiques médicales ou à des pratiques de recherche scientifique médicale pouvant s'inscrire dans la nouvelle vision.

➤ **Proposition d'une cohérence programmatique pour les thèmes au choix de la classe de 2nde**

Une mise en relation des sélections opérées pour les tâches, visées et références du programme de seconde (**figure 7** de la partie II, p.107) et des thèmes aux choix, de leurs références implicites et des finalités, visées et tâches associées est proposée dans la **figure 24**.

Légende de la figure 24:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

Commentaire de la figure 24 : mise en cohérence programmatique des thèmes au choix (2nde)

Les finalités, visées, tâches et thèmes des thèmes au choix se référant à des pratiques de transgénése ou à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision permettent essentiellement un enrichissement des programmes par une diversification des références possibles pour les contenus d'enseignement.

La visée à laquelle les thèmes de notre étude répondent est celle centrée sur le développement d'un point du programme sans introduction de nouvelles notions.

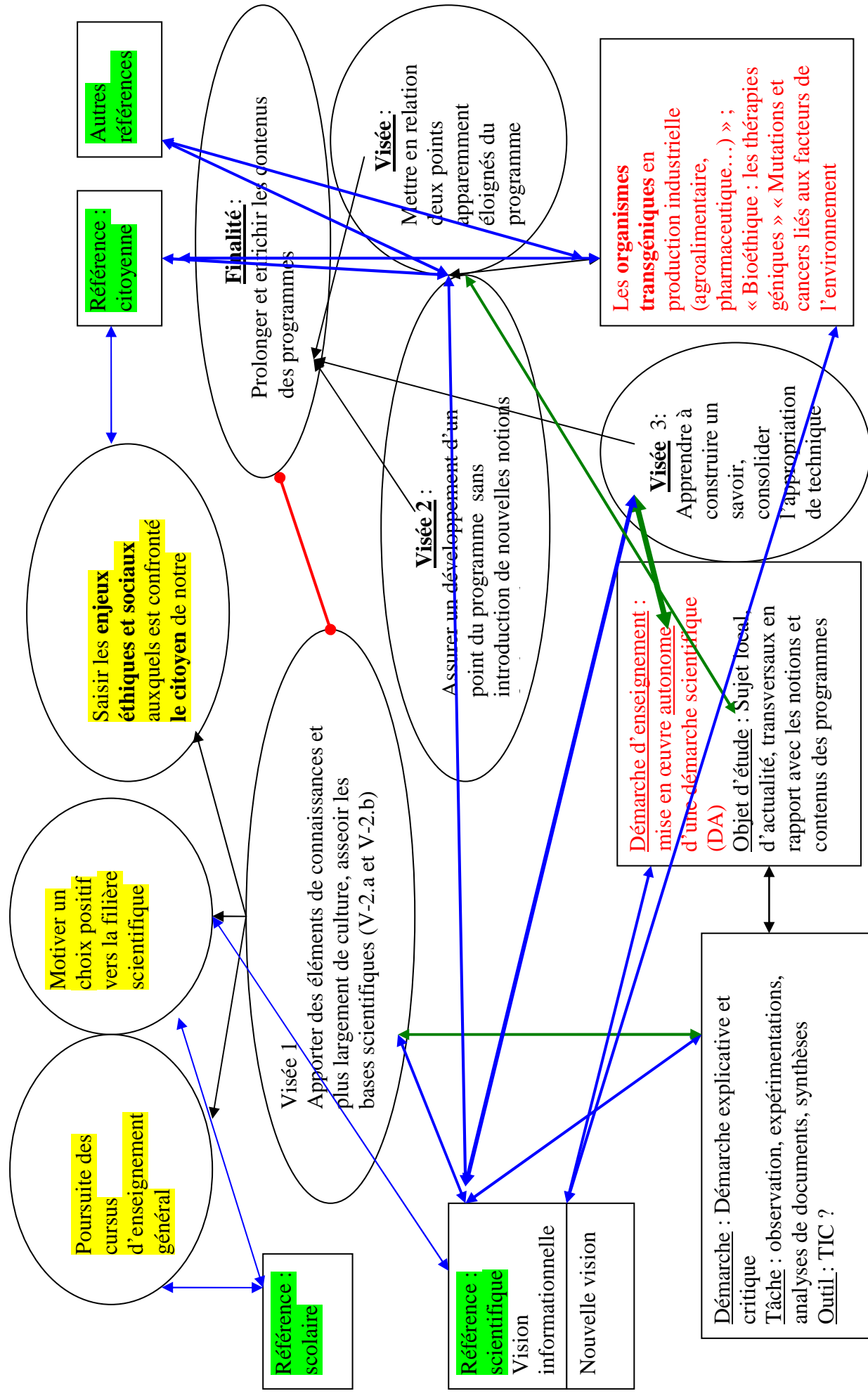


Figure 24 : Mode d'agencement programmatique pour les contenus en tension en termes de référence avec les DA (2nde)

...Commentaire de la figure 24 : mis en cohérence programmatique des thèmes au choix (2^{nde}) (suite)...

Il est à noter que ces thèmes au choix s'insèrent doublement dans la cohérence établie pour le programme de seconde :

- insertion par un renforcement de la cohérence entre tâche, visée du programme et référence scientifique en proposant une visée et une démarche d'enseignement centrées sur un approfondissement des tâches du programme se référant à des pratiques scientifiques ;
- insertion par un développement des contenus du programme sans introduction de nouvelles notions : le développement peut notamment se faire en se référant à des pratiques citoyennes ce qui permet de répondre à la finalité citoyenne du programme de 2^{nde}.

D. Examen des contenus et visées des programmes de première ES se référant à des pratiques de transgénèse ou à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

1. Réseaux notionnels et cohérences thématiques et paradigmatiques

a. Pour les contenus et visées se référant à des pratiques de transgénèse

En première ES, trois unités d'analyse se réfèrent à des pratiques de « transgénèse ».

Deux unités correspondent à des savoirs :

- « La modification du génotype d'un organisme par **transgénèse**, qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l'universalité du code » (S-1ES -TO-2.1.2.e) ;
- « Les recherches actuelles en biotechnologie des espèces forestières (**transgénèse**, conservation des ressources génétiques, interactions plantes/ micro-organismes) contribuent à améliorer les conditions d'exploitation et d'utilisation des forêts(S-1ES -TC-2.2.3.a) ».

Une unité correspond à une tâche associée à la première unité d'analyse de savoir :

- « Analyse d'exemples de production de nouvelles protéines par **transgénèse** intraspécifique, ou interspécifique (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...) » (A-1ES-TO-2.1.2.e).

Ces unités d'analyse s'inscrivent dans différentes parties du programme de 1^{ère} ES présentées dans le **tableau 52**.

Tableau 52 : Organisation du programme de 1^{ère} ES. Les thèmes incluant les unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse sont surlignés en jaune.

| 1 ^{ère} ES | Thèmes initialement obligatoires | Unité d'analyse |
|---------------------------|---|---------------------------------------|
| Enseignement scientifique | Communication nerveuse | |
| | Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques | S-1ES -TO-2.1.2.e A-1ES-TO-2.1.2.e |
| | procréation | |
| | Thèmes au choix : | |
| | Alimentation, production alimentaire, environnement | |
| | Une ressource naturelle : le bois | S-1ES -TC-2.2.3.a |
| | Une ressource indispensable : l'eau | |
| | Place de l'homme dans l'évolution | |

Seront établis le **réseau notionnel** de la partie incluant l'unité d'analyse de savoir puis les **cohérences thématiques** entre les visées, les tâches, les références du thème et des énoncés de savoir seront examinées afin d'identifier le mode d'insertion de ces unités d'analyse pour chacun des deux thèmes : « Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » et « Une ressource naturelle : le bois ».

➤ **Pour l'unité d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse du thème « une ressource naturelle : le bois »: réseau notionnel et cohérence thématique**

L'unité d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse du thème « une ressource naturelle : le bois » est issue de la troisième sous-partie de la deuxième partie du thème.

Le **tableau 53** résume l'organisation du thème.

Tableau 53 : Organisation du thème « une ressource naturelle : le bois » (1^{ère} ES) (cf. **Tableau 71.a** des annexes de la partie IV, p.292)

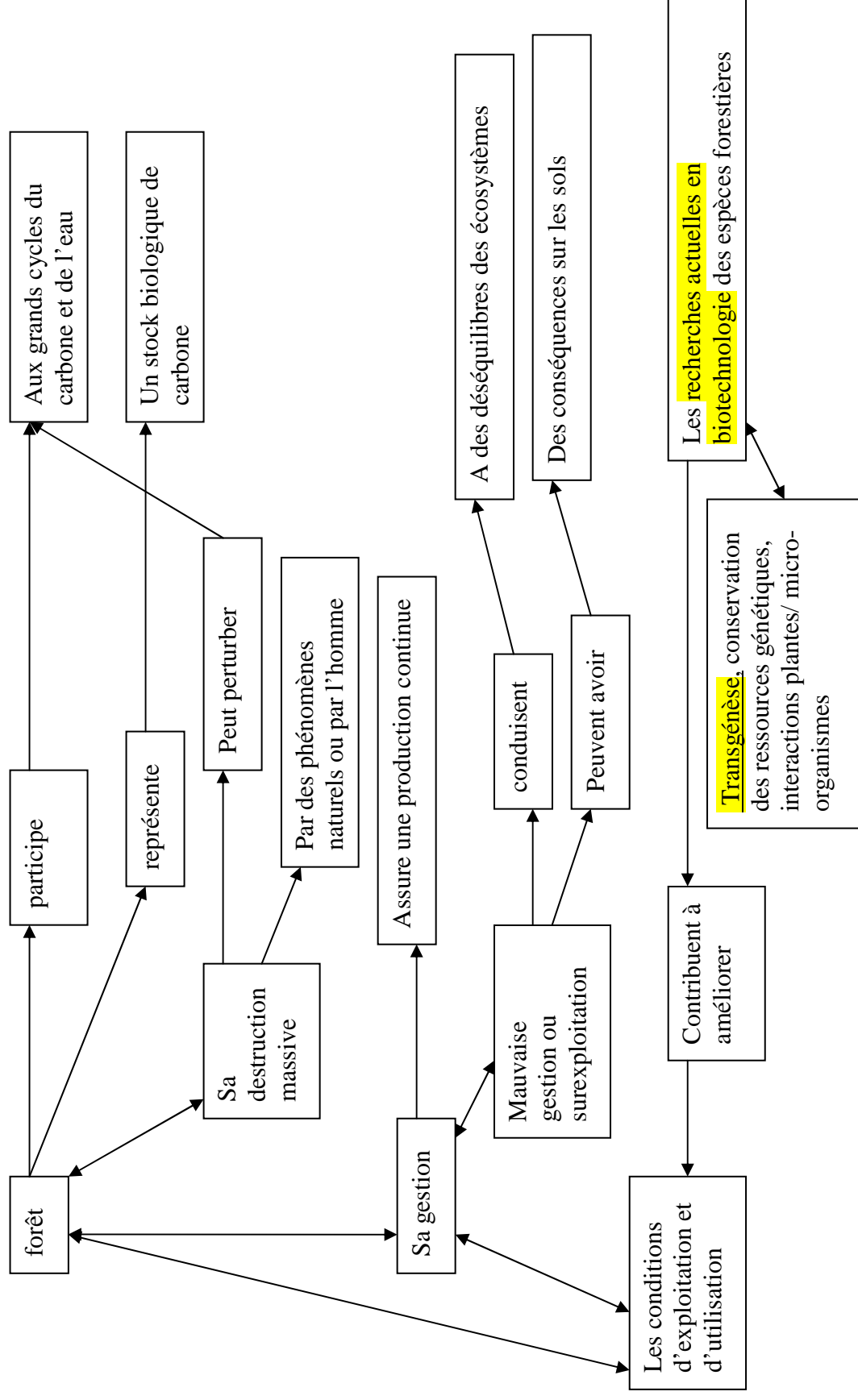
| Une ressource naturelle : le bois | | | | | |
|--|-------------------------|-----------------|--|---|----------------------------------|
| Partie 1 : Le bois, un matériau d'usage courant | | | Partie 2 : Importance et gestion des écosystèmes forestiers | | |
| Utilisation du bois | Structure et propriétés | Nature chimique | Participation du bois aux grands équilibres de la planète | Activités industrielles et gestion des forêts | Biotechnologies, la filière bois |
| | | | | | Notion de transgénèse |

- **Réseau notionnel de la partie « importance et gestion des écosystèmes forestiers » dans laquelle s'inscrit la notion de « transgénèse »**

Un examen des énoncés de la colonne « notions et contenus » de cette première partie a été conduit (**Tableau 71.b** des annexes de la partie IV, p.293) et permet de proposer, **figure 25** (p.356 du manuscrit), une représentation spatiale du réseau notionnel de la partie dans laquelle s'inscrit la notion de « transgénèse ».

Un second examen conduit à partir des énoncés des programmes et des énoncés des documents d'analyse pour la partie 2 permet de proposer une seconde représentation spatiale, **figure 26** (p.357 du manuscrit), et de comparer les modalités d'insertion de la notion de transgénèse dans le réseau notionnel élaboré uniquement à partir des énoncés du programme ou élaboré en prenant en compte, en plus, les énoncés des documents d'accompagnement.

Figure 25 : Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel de la partie 2 du thème « le bois : une ressource naturelle » dans laquelle s'inscrit l'unité d'analyse incluant la notion de « transgénèse » à partir des programmes de 1^{ère} ES.



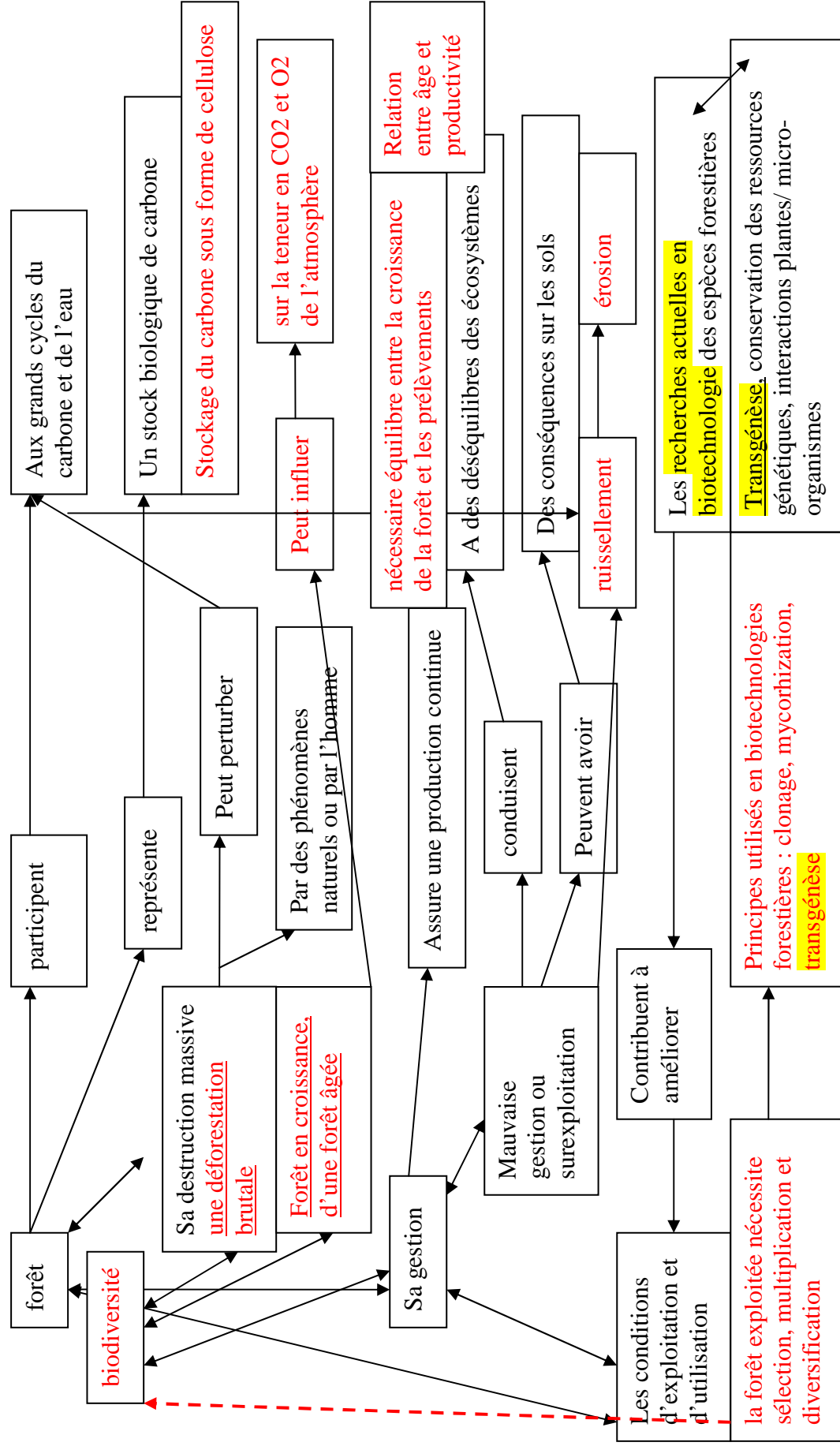


Figure 26: Proposition d'une représentation du réseau notionnel incluant la notion de transgénèse (programmes + DA) (1^{ère} ES)

Légende des figures 25 et 26 :

- les notions sont encadrées
- la notion de **transgénèse** est surlignée en jaune
- les liens sémantiques sont portés sur les flèches
- le sens de la flèche indique le sens de lecture
- la double flèche en pointillé indique une mise en relation implicite
- **les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement sont en rouge**

Commentaire des figures 25 et 26 : prise en charge de la notion de transgénèse par un réseau notionnel élaboré à partir des seuls éléments du programme (figure 25) ou à partir des éléments du programme et des documents d'accompagnement (figure 26) (partie 2 du thème de 1^{ère} ES : « le bois : une ressource renouvelable »

Le réseau notionnel élaboré à partir des programmes (figure 25)

L'ensemble des notions de cette partie est mis en relation directement ou par l'intermédiaire d'une autre notion avec les **deux notions centrales du réseau, les notions de forêt et de gestion**. Il s'agit d'un réseau en « râteau » dont les différentes dents sont relativement indépendantes. Sur une des dents se situe la notion de transgénèse faiblement mise en relation avec la notion de gestion de la forêt dans la mesure où elle contribue à l'amélioration des conditions d'exploitation et d'utilisation de la forêt. La notion de transgénèse est donc périphérique par rapport au réseau.

Le réseau notionnel élaboré à partir des programmes et des documents d'accompagnement (figure 26)

Les documents d'accompagnement explicitent des liens entre notions (cf. **tableau 71.b** des annexes de la partie IV, p.293) et introduisent des notions notamment la notion de biodiversité. Cette notion est mise en relation avec les deux notions centrales précédemment identifiées : les notions de gestion et de forêt.

Pour la notion de transgénèse, un lien est établi entre la notion de transgénèse et celle d'exploitation de la forêt : « la forêt exploitée nécessite sélection, multiplication et diversification » Les techniques utilisées sont précisées : « principes utilisés en biotechnologie forestière (clonage, mycorhization, transgénèse) ».

La transgénèse avec le clonage et la mycorhization est un principe au service des besoins de l'exploitation forestière : sélection, multiplication et diversification.

L'introduction de ces notions et l'ajout de nombreuses mises en lien rend l'organisation du réseau plus complexe : d'un réseau « en râteau » on passe à un réseau « en filet ».

Cette augmentation du nombre de mise en lien renforce notamment l'insertion initialement faible de la transgénèse en augmentant le nombre de liens que cette notion établit avec d'autres énoncés.

- **Cohérence thématique de l'unité d'analyse dans laquelle s'inscrit la notion de « transgénèse »**

Aucune tâche n'est proposée en association avec l'unité de savoir incluant la transgénèse pour le thème « Une ressource naturelle : le bois ».

Un examen des visées du thème, de leurs références, de l'unité d'analyse correspondant au savoir et de ses références a été conduit. Les analyses sont proposées en annexe. (**Tableau 71.c** des annexes de la partie IV, p.294).

Visées et finalités du thème « le bois : une ressource renouvelable » explicitées dans les programmes et les documents d'accompagnement

Dans les programmes :

Sont explicitées deux visées qui de notre point de vue correspondent aux visées de chacune des parties du thème.

- la visée 1 « dégager les propriétés physico-chimiques des structures du vivant en liaison avec leurs fonctions biologiques et leur utilisation en tant que matériau pour les activités humaines » est à mettre en relation avec la partie 1 ;

- la visée 2 « dégager les principes d'une exploitation scientifique raisonnée et d'une protection de la biodiversité des ressources » est à mettre en relation avec la partie 2.

Si la seconde partie du programme répond explicitement à la visée visant à dégager les principes d'une exploitation scientifique raisonnée, la notion de protection de la biodiversité

des ressources n'est pas explicitée dans les programmes. Elle est présentée dans les documents d'accompagnement comme une notion possible à envisager («*A cette occasion il est loisible de préciser le rôle des forêts dans la biodiversité*»). Les liens entre la biodiversité explicitée dans les documents d'accompagnement et les éléments du programme restent souvent implicites.

Dans les documents d'accompagnement :

Des finalités

Sont introduits trois objectifs absents du programme et plus généraux que nous proposons d'interpréter comme des finalités des visées de ce thème.

Des éléments concernant la démarche d'enseignement à mettre en œuvre

Enfin un paragraphe est consacré aux activités. Il souligne la multiplicité des approches possibles et introduit l'approche concrète sans la caractériser.

Il explicite un certain nombre d'objets qui peuvent être support de tâches et les différentes échelles où les études peuvent être menées.

Pour la gestion d'une ressource renouvelable, les documents d'accompagnement précisent que «*chaque professeur met en place de nombreuses pratiques pédagogiques ouvertes à la problématique de la gestion d'une ressource renouvelable, en y intégrant l'ensemble des points de vue, qu'ils soient techniques ou environnementaux*».

Le référent des pratiques pédagogiques n'est pas explicité. La seule contrainte est son ouverture à la problématique de la gestion d'une ressource renouvelable et qu'elle intègre différents points de vue : techniques et environnementaux.

Il peut, du coup, s'agir de pratiques se référant aux pratiques scientifiques, industrielles ou citoyennes dans ce domaine.

Les documents d'accompagnement ouvrent sur de nombreuses **références possibles**.

Le **tableau 54** propose une synthèse de la mise en relation entre l'unité d'analyse de la partie 2 et les différentes visées, tâches et références du thème.

Tableau 54 : Proposition d'une mise en cohérence thématique de l'unité d'analyse d'analyse incluant la notion de transgénèse (1^{ère} ES, thème bois)

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| 1ES-TC-2 une ressource naturelle : le bois | | | | Référence |
| <p>Finalité 1 prendre conscience des réalités économiques en rapport avec l'utilisation d'une ressource biologique</p> | <p>Finalité 2 mettre en évidence les incidences environnementales de ces activités industrielles</p> | <p>Finalité 3 une approche concrète d'une partie de la responsabilité citoyenne pour de futurs acteurs de la vie sociale et économique.</p> | <p>Finalité 3 une approche concrète d'une partie de la responsabilité citoyenne pour de futurs acteurs de la vie sociale et économique.</p> | <p>Scientifique et citoyenne</p> |
| <p>Visée 1 dégager les propriétés physico-chimiques des structures du vivant en liaison avec leurs fonctions biologiques et leur utilisation en tant que matériau pour les activités humaines</p> <p>DA-V-IES-TC-2.1 la connaissance de l'objet biologique pour lui-même</p> | <p>Visée 2 dégager les principes d'une exploitation scientifique raisonnée et d'une protection de la biodiversité des ressources</p> <p>DA-V-IES-TC-2.2 s'intéresse à la ressource que constitue la forêt, exploitée par l'Homme et qu'il se doit de gérer</p> | <p>Démarche d'enseignement (éléments) <u>Objet d'étude</u> : de l'objet biologique aux cartes de végétation, en passant par toutes les échelles de l'analyse (de la molécule à la planète), <u>Démarche</u> : pratiques pédagogiques ouvertes à la problématique de la gestion d'une ressource renouvelable, en y intégrant l'ensemble des points de vue, qu'ils soient techniques ou environnementaux</p> | <p>Références scientifiques</p> <p>Approche pluridisciplinaire</p> | <p>Références</p> <p>Approche pluridisciplinaire</p> |
| 1ES-TC-2.1 Le bois, un matériau d'usage courant | | | | |
| Importance et gestion des écosystèmes forestiers | | | | |
| Participation du bois aux grands équilibres de la planète | du bois aux grands équilibres de la planète | Activité industrielle et gestion des forêts | Biotechnologies, la filière bois | Recherche et développement |
| <p>Les recherches actuelles en biotechnologie des espèces forestières (transgénèse, etc..) contribuent à améliorer les conditions d'exploitation et d'utilisation des forêts</p> | | | | |

Légende du tableau 54 :

- la notion de **transgénèse** est surlignée en jaune
- les flèches proposent une mise en relation entre finalités, visées et partie du programme
- la double flèche verte indique une relation entre une partie du thème et une tâche
- **les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement sont en rouge**

Commentaire du tableau 54 : mise en cohérence thématique de la notion de transgénèse

Cohérence thématique entre les finalités, les visées et les références du thème

Une cohérence forte se dégage entre les trois finalités et la seconde visée, les éléments de démarche proposés et une double référence citoyenne et scientifique.

La cohérence avec la première visée (première partie) est un peu moins forte car elle répond de façon moins évidente à la finalité 2 (incidences environnementales des activités industrielles).

Il est à noter que le traitement de la finalité 3 à référence citoyenne par les deux visées reste implicite.

Cohérence de la troisième partie de la partie 2 avec les finalités, visées, tâches et références du thème

En nous appuyant sur le réseau notionnel, nous proposons d'indiquer que cette partie contribue à la visée 2 à la fois **en permettant de contribuer à explorer les modalités d'exploitation scientifique raisonnée d'une forêt** et en contribuant à l'enrichissement de la notion de protection de la biodiversité des ressources.

Par rapport aux démarches à engager elle permet d'introduire un point de vue technique.

La formulation de cette unité d'analyse ne permet pas une mise en lien forte avec les différentes finalités.

Conclusion :

L'insertion en périphérie dans le réseau notionnel, renforcée par les documents d'accompagnement, mais qui ne s'insère explicitement qu'à une partie de la visée 2 suggère à nouveau un mode d'insertion par **greffage**.

➤ **Pour les unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse du thème « Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » : réseau notionnel et cohérence thématique**

- **Réseau notionnel de la partie dans laquelle s'inscrit la notion de « transgénèse »**

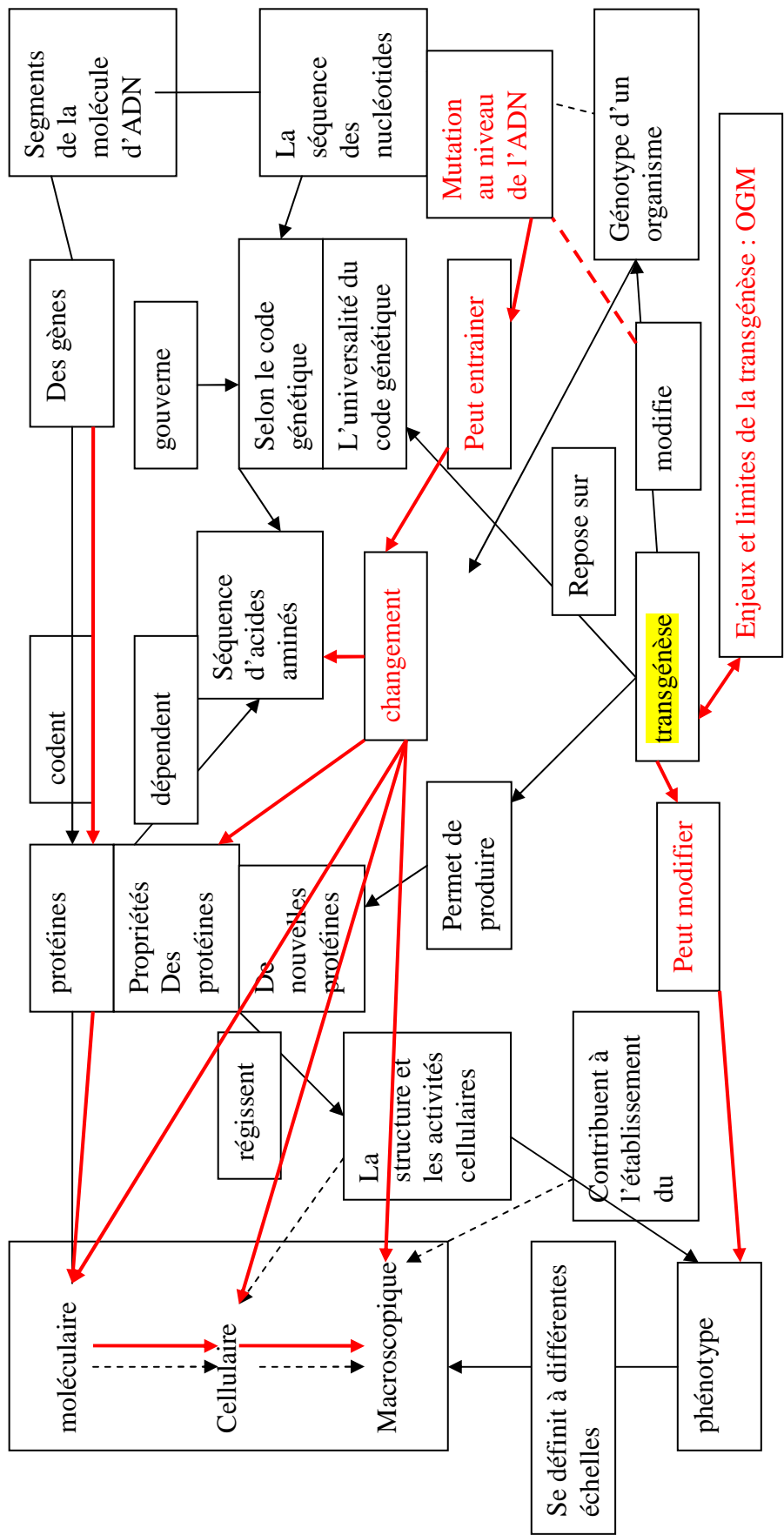
Les deux unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse du thème « Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » sont issues de la première partie du thème intitulée : « de l'information génétique au phénotype- applications » (cf. **tableau 72.b** des annexes IV, p.297).

Un examen des énoncés de la colonne « notions et contenus » de cette première partie a été conduit (**tableau 72.a** des annexes IV, p.296) et permet de proposer, **figure 27**, une représentation spatiale du réseau notionnel de la partie dans laquelle s'inscrit la notion de « transgénèse ».

Légende de la figure 27 :

- les notions sont encadrées
- la notion de **transgénèse** est surlignée en jaune
- les liens sémantiques sont portés sur les flèches
- le sens de la flèche indique le sens de lecture
- la double flèche en pointillé indique une mise en relation implicite
- les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement sont en rouge
- les mises en relation rendues possibles par les documents d'accompagnement sont également portées en rouge

Figure 27 : Proposition d'un réseau notionnel à partir des énoncés du programme et des documents d'accompagnement de la partie incluant la notion de « transgénèse » (1^{ère} ES)



Commentaire de la figure 27 : proposition d'un réseau notionnel pour la partie 1 intitulée « de l'information génétique au phénotype- applications » du thème de 1^{ère} ES « Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques »

La notion la plus fréquemment citée et qui présente le plus de relations sémantiques (d'associations à d'autres notions) est la notion de protéines (5 occurrences), à laquelle est également reliée celle de transgénèse : « qui permet de produire de nouvelles protéines ». Ensuite viennent les notions de code génétique, d'ADN et de phénotype. La transgénèse est reliée explicitement à la notion de code génétique : « repose sur l'universalité du code génétique ».

L'explication de l'établissement du phénotype macroscopique qui ressort du programme est que :

- la séquence nucléotidique des gènes gouverne la séquence des acides aminés des protéines (via le code génétique) (phénotype moléculaire) ;
- la séquence des acides aminés régit la structure et l'activité cellulaire (phénotype cellulaire) et donc contribue à l'établissement du phénotype (que nous proposons être le phénotype macroscopique).

Le premier schéma ainsi établi est linéaire. Les verbes utilisés « gouverner, régir » pour les liens entre le génotype, le phénotype moléculaire et le phénotype cellulaire nous semblent suggérer un certain déterminisme. Seul le lien entre le phénotype cellulaire et le phénotype macroscopique est plus faible avec l'emploi du verbe « contribuer ».

La notion de transgénèse est reliée aux notions de génotype (donc de gènes), de protéines et d'universalité du code génétique. Elle n'est pas reliée au phénotype macroscopique. La notion d'OGM n'est pas évoquée.

La notion de « transgénèse » est ici insérée dans le réseau.

Apport des documents d'accompagnement

Les documents d'accompagnement explicitent le rôle de l'analyse des phénotypes à différents niveaux d'organisation : « *montrer que la connaissance du phénotype moléculaire permet de comprendre le phénotype cellulaire puis macroscopique.* »

Les documents d'accompagnement précisent qu'il s'agit ensuite de faire le lien entre le phénotype moléculaire, les protéines et les gènes.

Si le lien à établir correspond à celui explicité dans le programme, l'objectif visé est de comprendre comment une mutation de l'ADN peut entraîner une modification de la séquence d'acides aminés de la protéine et par conséquent éventuellement celle du phénotype en s'appuyant sur la notion de code génétique.

La notion de mutation citée dans les documents d'accompagnement est absente des programmes.

Le lien entre une modification de la séquence en acides aminés de la protéine et une modification de ses propriétés et donc du phénotype est ici présenté comme une éventualité (« peut entraîner »). La formulation est moins déterministe dans les documents d'accompagnement.

Pour la transgénèse deux remarques :

- le lien avec les protéines n'est pas évoqué. C'est le lien avec le phénotype qui est évoqué.
- l'énoncé parle de modification possible du phénotype par la transgénèse ouvrant une discussion sur la production de protéines liée à la modification du génotype et l'établissement du phénotype. Dans le programme, la modification du génotype est évoquée comme permettant de produire de nouvelles protéines, laissant peut de place à ce type de discussion.

Par ailleurs, les documents d'accompagnement précisent que « *cette partie expose les bases génétiques indispensables pour aborder deux implications de la génétique dans la société actuelle : la transgénèse permettant ainsi d'ouvrir une réflexion sur les enjeux et limites de ces applications (organismes génétiquement modifiés, diagnostic prénatal, médecine prédictive).* »

Mode d'insertion de la transgénèse dans le réseau notionnel

A partir des éléments du programme (flèches noires)

La notion de « transgénèse » est reliée par trois liens au reste du réseau notionnel qui est centré sur l'établissement du lien entre une séquence nucléotidique, une séquence d'acides

aminés, les propriétés des protéines et l'établissement des phénotypes cellulaire et macroscopique.

La transgénèse est mise en lien avec le génotype et donc avec la séquence nucléotidique, mais aussi avec le code génétique et avec les protéines. La présentation de son principe s'appuie sur le lien déjà établi grâce au code génétique entre une séquence nucléotidique de l'ADN et la séquence en acides aminés d'une protéine.

Son principe est défini comme une modification du génotype qui a pour conséquence la production de nouvelles protéines.

Le principe scientifique sur lequel repose la transgénèse interspécifique, l'universalité du code génétique est précisé complétant la notion de code génétique.

Les apports des documents d'accompagnement

Les apports des documents d'accompagnement renforcent les liens de la transgénèse avec le réseau notionnel central de cette partie du programme.

D'une part, ils introduisent la notion de mutation au niveau de l'ADN, pour montrer le lien entre séquence nucléotidique et séquence en acides aminés. Cette notion facilite le lien entre la transgénèse qui modifie le génotype et le lien déjà établi entre séquence nucléotidique et séquence en acides aminés des protéines.

D'autre part, si dans le programme, seule la production de nouvelles protéines par la transgénèse est précisée, les documents d'accompagnement font le lien entre transgénèse et modification possible du phénotype (terme qui inclut donc le phénotype moléculaire, cellulaire et macroscopique). Il nous semble que ce lien ouvre vers la notion d'organisme génétiquement modifiée, ou OGM, terme non présent dans le programme, et évoqué dans les documents d'accompagnement.

Conclusion :

En raison du nombre de notions avec lesquelles la notion de transgénèse est mise en relation, de la sélection de caractéristiques propres à des pratiques de transgénèse (nature et spécificité des produits obtenus et du principe technique, et éventuellement des enjeux) comme référence pour les énoncés associés à la transgénèse, nous proposons de caractériser cette **insertion comme forte** même si elle n'est pas centrale.

- **Cohérence thématique dans laquelle s’inscrivent les unités d’analyse se référant à des pratiques de transgénèse : cohérence savoir- tâches de la partie- visées du thème**

Un examen des visées du thème, de leurs références, de l’unité d’analyse correspondant à la tâche et au savoir et de leurs références a été conduit. Les analyses sont proposées en annexe. (**Tableaux 72.c et 72.d** des annexes IV, p.298 et 299).

La **figure 28** propose une représentation spatiale de l’articulation des visées du thème, de ses deux parties et de leurs références.

Légende de la figure 28:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Les énoncés issus exclusivement des documents d’accompagnement (DA) sont en rouge

Commentaire de la figure 28 : articulation des visées, des références du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » et des parties 1 et 2...

Les visées du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques »

Trois visées sont explicitées dans l’introduction de ce thème obligatoire. Deux visées sont formulées uniquement en termes de notions et une visée d’éducation citoyenne est formulée en termes de type de tâche : « réflexion critique » (**Tableau 72.c** annexes IV, p.298).

Les termes qui introduisent les visées d’éducation scientifique « préciser » ; « appréhender » suggère une approche notionnelles avec une orientation plutôt « culturelle large » qu’avec une orientation scientifique stricte.

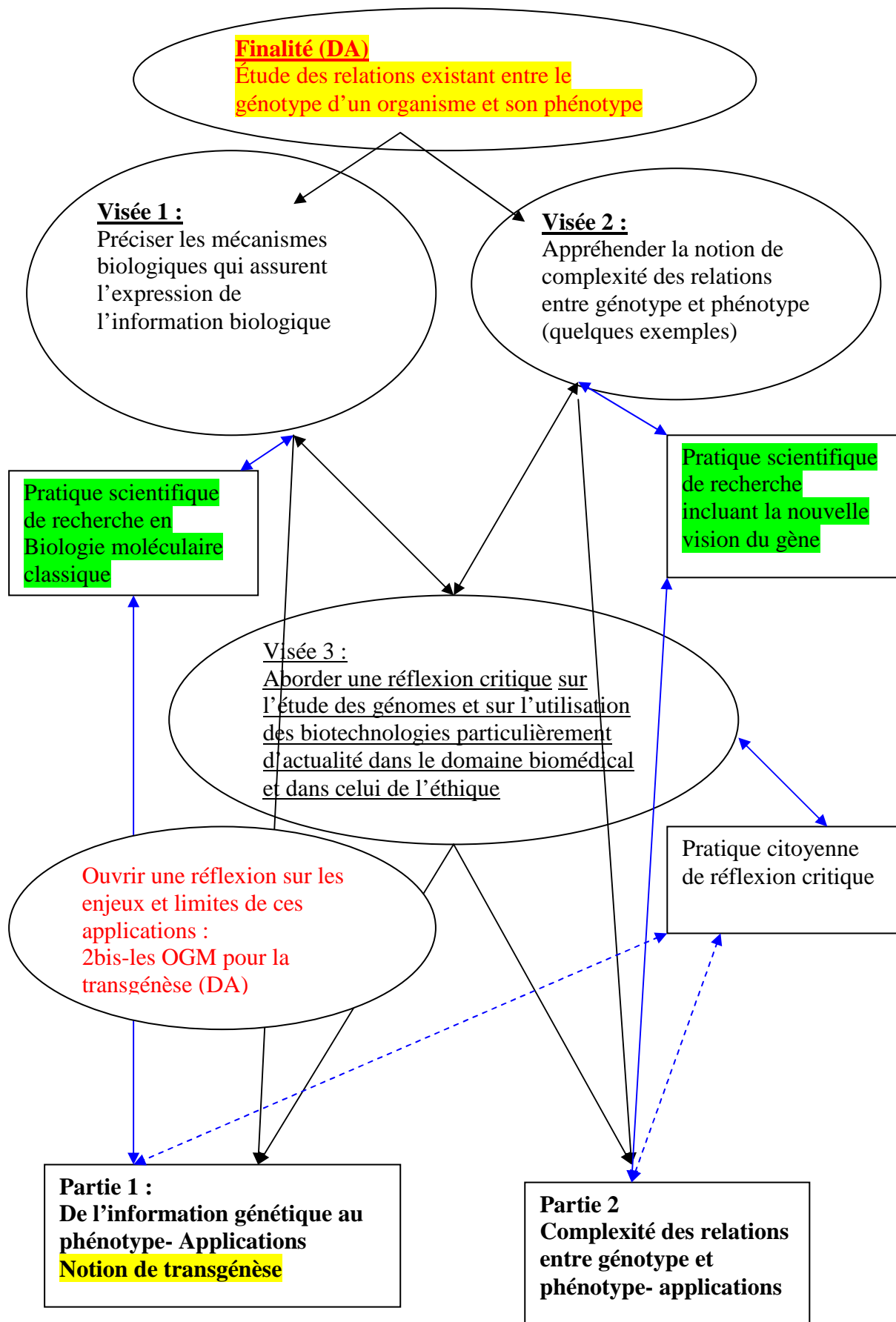


Figure 28 : Cohérence des parties 1 et 2 avec les visées du thème « génotype/phénotype »

...Commentaire de la figure 28 : articulation des visées, des références du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » et des parties 1 et 2 (suite)...

Le programme explicite un ordre de traitement des deux visées d'éducation scientifique : « dans un premier temps » les mécanismes de l'expression de l'information biologique, puis la notion de complexité des relations entre génotype et phénotype.

L'articulation de ces visées avec la visée d'éducation citoyenne n'est pas précisée.

Proposition d'articulation de ces visées avec les deux parties du thème

Les énoncés de la colonne « contenus et notions » sont regroupés en deux sous parties :

- De l'information génétique au phénotype- Applications (1ES -TO-2.1) ;
- Complexité des relations entre génotype et phénotype- applications (1ES-TO-2.2).

La première visée, établir les mécanismes biologiques assurant l'expression de l'information génétique peut être mise en relation avec la première sous-partie (1ES -TO-2.1). Quant à la seconde visée, établir la complexité des relations entre génotype et phénotype elle renvoie clairement (formulation quasi identique) à la seconde sous-partie (1ES-TO-2.2).

Les deux sous-parties annoncent des applications qui renvoient pour nous à la troisième visée qui recherche une réflexion critique sur notamment l'utilisation des biotechnologies (idée d'application) (flèche en pointillés pour marquer une mise en relation moins explicite avec des références citoyennes).

Nous avons associé la visée 1 et la partie 1 du thème 1 à des résultats de biologie moléculaire classique (1.6) (pratiques auxquelles se réfèrent la majorité des unités d'analyse de cette partie cf. Partie IV-I, p.255) et la visée 2 et la partie 2 du thème 1 à des résultats de pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1.5) (pratiques auxquelles se réfèrent la majorité des unités d'analyse de cette partie cf. Partie IV-I, p.255).

Nous proposons pour la visée 3 une référence à des pratiques citoyennes rationnelles.

Apport des documents d'accompagnement

Les documents d'accompagnement nous semblent proposer une finalité, les relations entre le génotype et le phénotype, qu'ils explicitent en précisant qu'il s'agit de montrer le rôle des gènes et de l'environnement dans l'élaboration du phénotype. Il nous semble que les deux

visées d'éducation scientifique explicitées dans le programme, préciser les mécanismes de l'expression génétique et appréhender la complexité des relations phénotype-génotype, répondent à cette finalité.

Par ailleurs les documents d'accompagnement précisent le type d'apport attendu : apport de connaissance et de raisonnement.

Enfin, les documents d'accompagnement présentent la visée d'éducation citoyenne comme devant s'adosser sur les visées notionnelles des parties 1 et 2 et en particulier sur les apports notionnels : il s'agit de construire une réflexion sur les applications de la génétique moderne à partir des connaissances acquises en éducation scientifique (Flèche en sens unique). Le sens de la réflexion est ensuite précisé : il s'agit d'ouvrir une réflexion sur les enjeux et limites de ces applications (organismes génétiquement modifiés, diagnostic prénatal, médecine prédictive). Ces éléments confortent la référence à des pratiques citoyennes rationnelles.

Enfin les documents d'accompagnement dans l'introduction pour ce thème, explicite les visées de chacune des parties et de leurs sous-parties.

Ils confirment l'existence d'un ordre dans le traitement des contenus.

La partie 1 se réfère donc bien majoritairement à des résultats de pratiques de biologie moléculaire (1.6) à l'exception des énoncés autour des phénotypes aux différents niveaux d'organisation (1.5).

Pour la partie 2, la part des gènes dans l'établissement des phénotypes est discutée. Cette partie se réfère donc bien à des résultats de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Par ailleurs les objets sur lesquels porte la visée d'éducation citoyenne sont restreints aux applications de la génétique moderne alors que dans le programme il était question des études sur les génomes et de l'utilisation des biotechnologies (actualité biomédicale et éthique). Il nous semble que cette formulation exclut les études sur les génomes en tant que telles, études qui ne sont effectivement pas présentes dans le programme (colonne « contenus et notions »). Les bases de génétique servent donc à aborder les deux applications de la génétique choisies : la transgénèse et les prédictions à partir de l'identification d'allèles.

Nous indiquerons donc les différentes formulations et l'ordre de traitement.

Mise en cohérence thématique des unités d'analyse se référant à la transgénèse dans le thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » (1ES -TO-2)

Dans cette partie deux unités d'analyse relèvent d'une référence à la transgénèse :

1- un énoncé de savoir issu de la colonne « contenus et notions »: « *La modification du génotype d'un organisme par transgénèse, qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l'universalité du code génétique* » (S-1ES -TO-2.1.2.e).

Nous avons proposé de référer cet énoncé à des résultats, des techniques et des objets produits de pratiques de biologie moléculaire et de génie génétique classique (cf. Partie IV, I, p.255). Une référence à des objets produits et à des techniques de pratiques de recherche et développement en production ou de production industrielle de protéine est possible (3.1 (non codé) ou 3.2).

2- Un énoncé se rapportant à une tâche issu de la colonne « activités envisageables » : « *Analyse d'exemples de production de nouvelles protéines par transgénèse intraspécifique, ou interspécifique (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...)* » (A-TO-1ES-2.1.2.e).

Nous avons proposé de référer cet énoncé à des objets produits (nature, spécificité) à des techniques (transgénèse intra et inter spécifique) de pratiques de production industrielle en pharmacie.

Ces deux énoncés sont inscrits dans la première partie du thème « Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques ».

Nous proposons une mise en cohérence de ces deux unités d'analyse, de leurs références, des visées du thème et de ses références sous forme d'une représentation spatiale (**figure 29**).

Légende de la figure 29:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

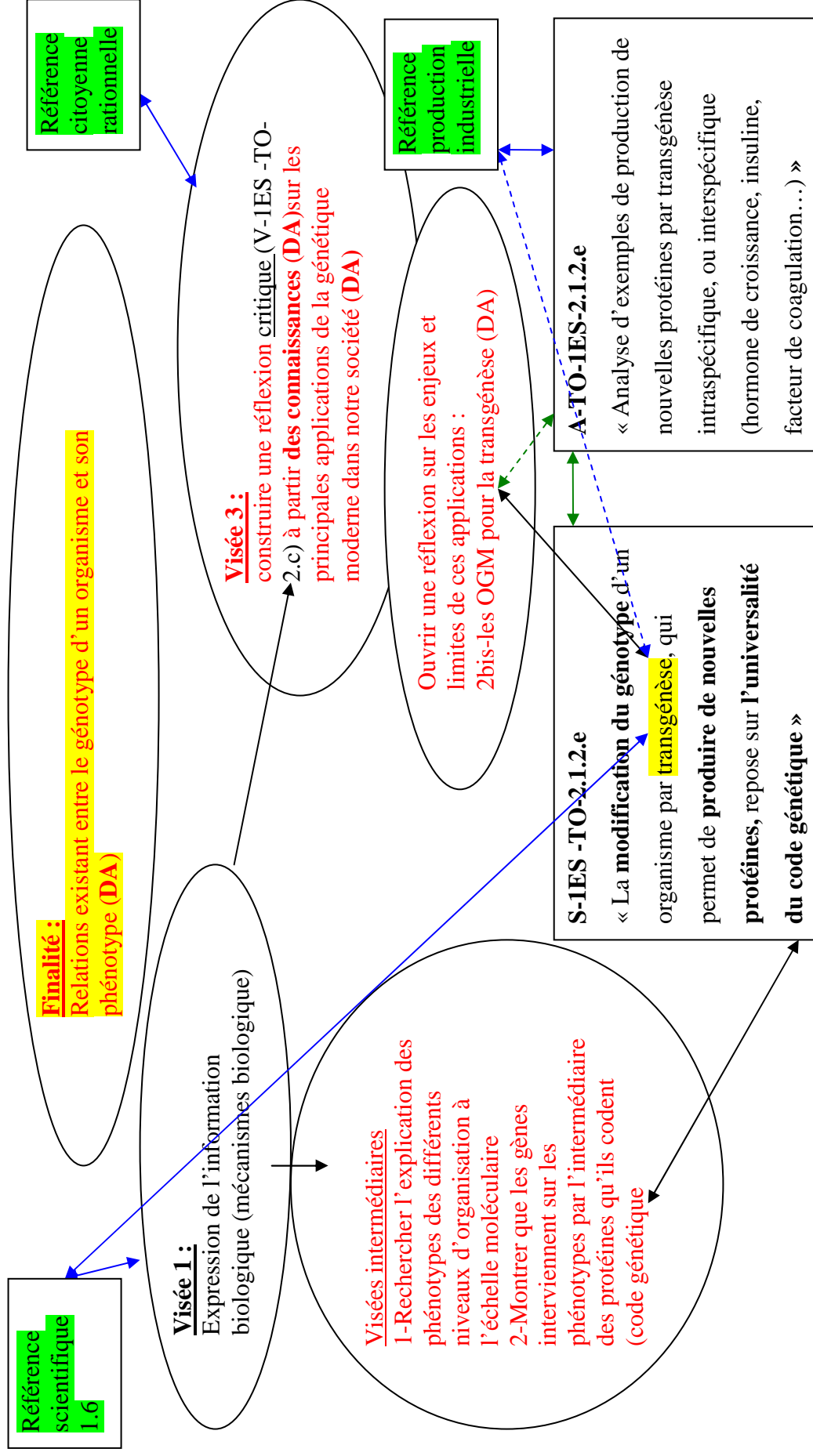
Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

Figure 29 : Proposition de mise en cohérence thématique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse (1^{ère} ES)



Commentaire de la figure 29 : cohérence thématique des unités d'analyse relevant de la transgénèse insérées dans le thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques »

Une cohérence forte des deux unités de savoir avec la visée 1 et les pratiques de référence scientifique

La formulation des unités d'analyse correspondant à des savoirs et à des tâches se référant à des pratiques de transgénèse les met davantage en lien avec la visée notionnelle 1 qu'avec la visée 3 d'éducation citoyenne dont pourtant elle relève explicitement comme application identifiée de la génétique à traiter dans cette perspective.

La tâche proposée semble centrée sur les modalités de production de nouvelles protéines par transgénèse. La tâche peut donc permettre de construire l'énoncé de l'unité de savoir associé qui fait le lien entre la modification du génotype et la production de nouvelles protéines.

Les exemples de molécules proposés permettent d'envisager des références à des pratiques industrielles de production de ces protéines. Aucune exploitation explicite de l'aspect industriel n'est proposée.

Le fait d'envisager des exemples de transgénèse interspécifique permet de constater la notion d'universalité du code génétique.

Une cohérence possible ou secondaire avec la visée 3 et des références à des pratiques citoyennes et industrielles

D'après le programme et de façon encore plus explicite d'après les documents d'accompagnement, la transgénèse relève de la visée d'éducation citoyenne. Il s'agit de l'aborder en s'appuyant sur les connaissances établies afin d'ouvrir une réflexion sur ses enjeux et limites et notamment les OGM.

Si le lien avec les connaissances établies dans la partie 1 est explicite, aucun élément ne se rapporte de façon explicite à la réflexion critique à mener sur les enjeux et limites de la transgénèse et notamment sur les OGM.

Par ailleurs comme nous l'avons déjà remarqué, cette réflexion critique sur les enjeux et limites de la transgénèse s'appuie sur les connaissances de la partie 1 qui se réfèrent à une vision des relations ADN – protéines- phénotype très linéaire et très déterministe (même si les termes des documents d'accompagnement apportent une modulation forte au déterminisme

des termes du programme). Cette base de connaissance pour la réflexion critique limite de mon point de vue la discussion notamment sur les OGM (comment discuter par exemple avec ces connaissances des limites et des risques de l'introduction d'un gène sur le phénotype de l'OGM).

Conclusion

L'insertion forte de la notion de transgénèse dans le réseau notionnel de la partie 1 dont le cœur est constitué de notions de biologie moléculaire et la construction d'une cohérence forte entre le savoir, la tâche, la visée 1 et les références scientifiques des pratiques de recherche en biologie moléculaire, nous conduisent à caractériser l'insertion de la notion de transgénèse en 1^{ère} ES de greffage fort sur le réseau de cohérence scientifique.

La notion de transgénèse participe à un second réseau de cohérence moins explicité autour des visées citoyennes. Ce réseau de cohérence citoyenne est greffé sur le réseau de cohérence scientifique. Il s'appuie notamment sur la sélection pour la tâche de références à des objets produits dans les pratiques de production industrielle et aux techniques de production.

b. Pour les contenus et visées se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

En première ES, les unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision appartiennent toutes au thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques ». (cf. **tableau 72.b** des annexes IV, p.297)

Les unités d'analyse relevant de références associées à la prise en compte de différents niveaux d'organisation dans la description du phénotype (1.5) appartiennent à la première partie du thème : « de l'information génétique au phénotype, applications ».

Les unités d'analyse relevant de références associées à la complexité des relations entre génotype et phénotype (1.5) appartiennent à la seconde partie du thème intitulée « complexité des relations entre génotype et phénotype, applications ».

- **Réseau notionnel des unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision de la partie 1 du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques ».** (cf. **figure 27**, p.364 du manuscrit)

Les unités d'analyse se référant à des résultats ou des démarches de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision et prenant en compte les différents niveaux d'organisation ont été examinées pour l'établissement du réseau notionnel de la partie 1 (examen de la prise en charge de la notion de « transgénèse »).

Commentaire sur l'insertion de la description des génotypes à différents niveaux d'organisation (unité d'analyse de la partie 1)

Les documents d'accompagnement précisent une visée de cette première sous partie : « *L'analyse des phénotypes à différents niveaux d'organisation du vivant conduit à rechercher leur **explication à l'échelle moléculaire** ; les gènes interviennent sur les phénotypes par l'intermédiaire des protéines qu'ils codent. »*

Il s'agit de mettre en évidence que le phénotype macroscopique peut s'expliquer par le phénotype cellulaire qui lui-même s'explique par le phénotype moléculaire. La seconde sous partie vise à montrer que les gènes interviennent sur les phénotypes par l'intermédiaire des protéines qu'ils codent (seconde sous- partie de la partie 1).

L'articulation est donc particulièrement forte entre le phénotype moléculaire et le lien entre ADN et protéines.

Une relation linéaire parallèle à celle établie entre les différentes échelles d'organisation est établie entre les propriétés des protéines (phénotype moléculaire) qui régissent l'activité et la structure des cellules (phénotype cellulaire) et leur contribution à l'établissement du phénotype (phénotype macroscopique) renforçant et explicitant la première chaîne de causalité établie sur les phénotypes.

Par ailleurs les documents d'accompagnement tissent un lien entre mutation de l'ADN et ses différents impacts sur les phénotypes aux différents niveaux d'organisation.

Les verbes utilisés dans les documents d'accompagnement établissent des **relations** « **possibles** » entre une mutation de l'ADN et les différents phénotypes (« peut entraîner un changement ») ou entre la transgénèse et le phénotype (« peut modifier »).

➤ **Réseau notionnel des unités d'analyse de la partie 2 du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques »**

Un examen des énoncés de la colonne « notions et contenus » de la seconde partie a été conduit (**Tableau 73** des annexes IV, p.301) et permet de proposer, **figure 30**, une représentation spatiale du réseau notionnel de la partie dans laquelle s'inscrivent les notions des unités d'analyse associées à la complexité des relations entre génotype et phénotype (1.5).

Légende de la figure 30 :

- les notions sont encadrées
- les liens sémantiques sont portés sur les flèches
- le sens de la flèche indique le sens de lecture
- la double flèche en pointillé indique une mise en relation implicite
- les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement sont en rouge
- les mises en relation rendues possibles par les documents d'accompagnement sont également portées en rouge

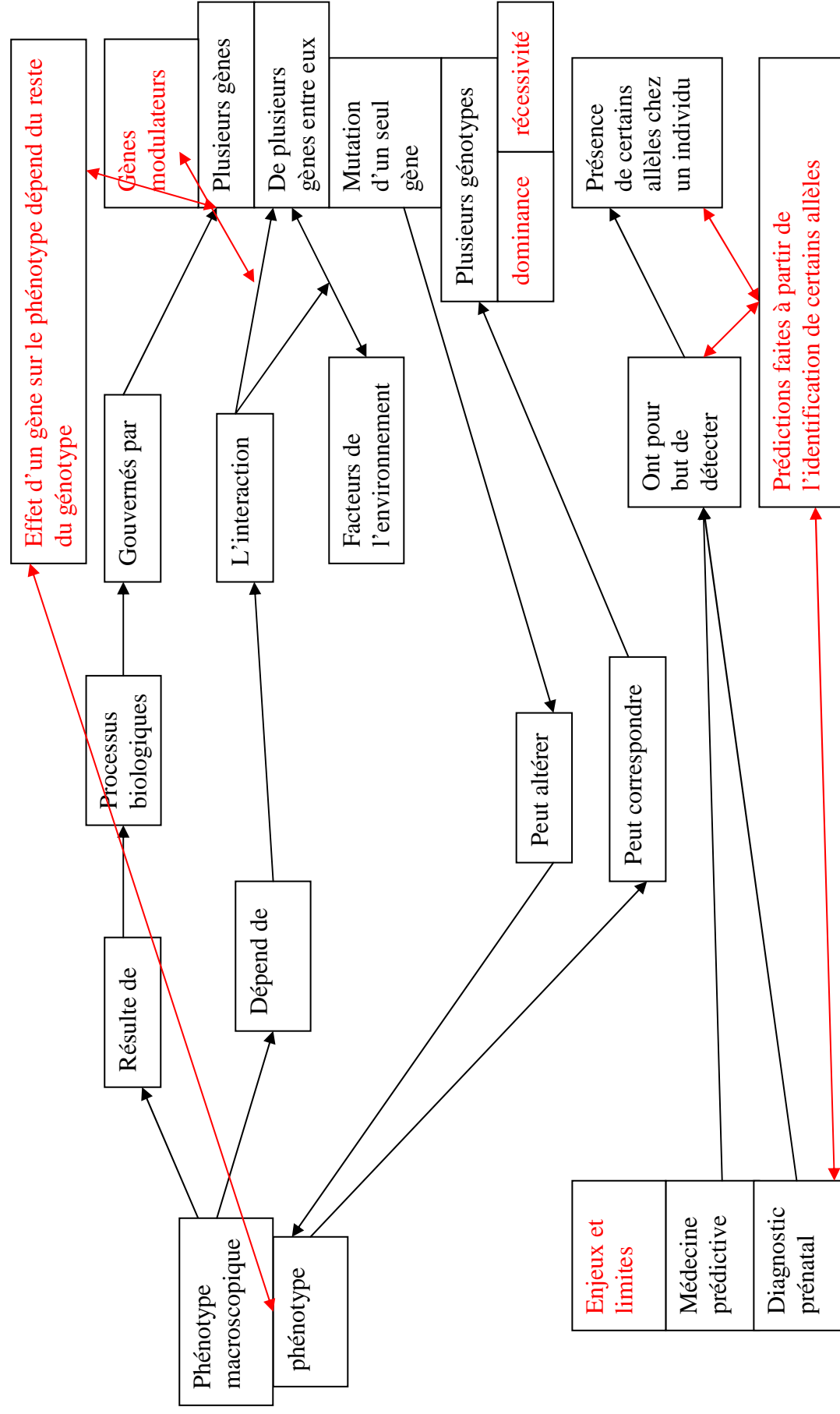
Commentaire de la figure 30 : réseau notionnel de la partie 2 du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » pour les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision...

Réseau notionnel de la complexité des relations génotype-phénotype

Les trois notions centrales (celles les plus mises en relation) sont gène, génotype et phénotype.

Les notions de phénotype et de génotype sont mises en relation par quatre lignes notionnelles (le phénotype résulte de l'interaction de plusieurs gènes, gènes qui interagissent entre eux et avec des facteurs de l'environnement, un phénotype peut correspondre à plusieurs génotypes et une mutation peut entraîner une modification de phénotype) qui tout en illustrant la complexité de ces relations, l'influence des facteurs de l'environnement soulignent l'importance du génotype.

Figure 30 : Proposition d'un réseau notionnel à partir des énoncés du programme et des documents d'accompagnement de la partie 2 (1^{ère} ES)



...Commentaire de la figure 30 (suite)...

La complexité des relations génotype-phénotype est au cœur du réseau notionnel.

La relation entre médecine prédictive, diagnostic prénatal au réseau notionnel peut être établie en mettant en lien allèle-gène-génotype. **Les notions de médecine prédictive et de diagnostic prénatal apparaissent comme greffées sur le réseau notionnel sur le pôle génotype.** En conséquence le lien suggéré entre la détection des allèles et la prédiction d'un phénotype est caractérisé par la complexité des relations établies par le réseau central.

Les documents d'accompagnement ne modifient pas le réseau notionnel.

Ils enrichissent le pôle génotype avec les notions de gènes modulateurs, dominance, récessivité.

L'idée d'interaction gagne en poids dans le réseau (nombre de liens).

Le lien entre médecine prédictive, diagnostic prénatal et le reste du réseau n'est pas modifiée. Les connaissances établies dans la partie 1 sur les relations entre ADN et protéines et phénotypes et sur la complexité des relations phénotype-génotype permettent d'aborder les prédictions faites à partir de la détection de certains allèles et d'ouvrir une réflexion sur les enjeux et limites de ces nouvelles pratiques médicales (visées/ savoir).

- **Cohérence thématique dans laquelle s'inscrivent les unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision pour le thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » (1^{ère} ES)**

La cohérence entre les finalités, les visées, les références et les deux parties du thème « Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » a déjà été établie dans la partie précédente (**figure 28**, p.369 du manuscrit).

Cohérence thématique des unités d'analyse de la partie 2 avec les finalités et visées du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » (1^{ère} ES)

Nous proposons une mise en cohérence de ces unités d'analyse de la partie 2 correspondant à des savoirs et à des tâches et se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision avec les finalités, les visées et les références du thème (**Figure 31**).

Légende de la figure 31:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

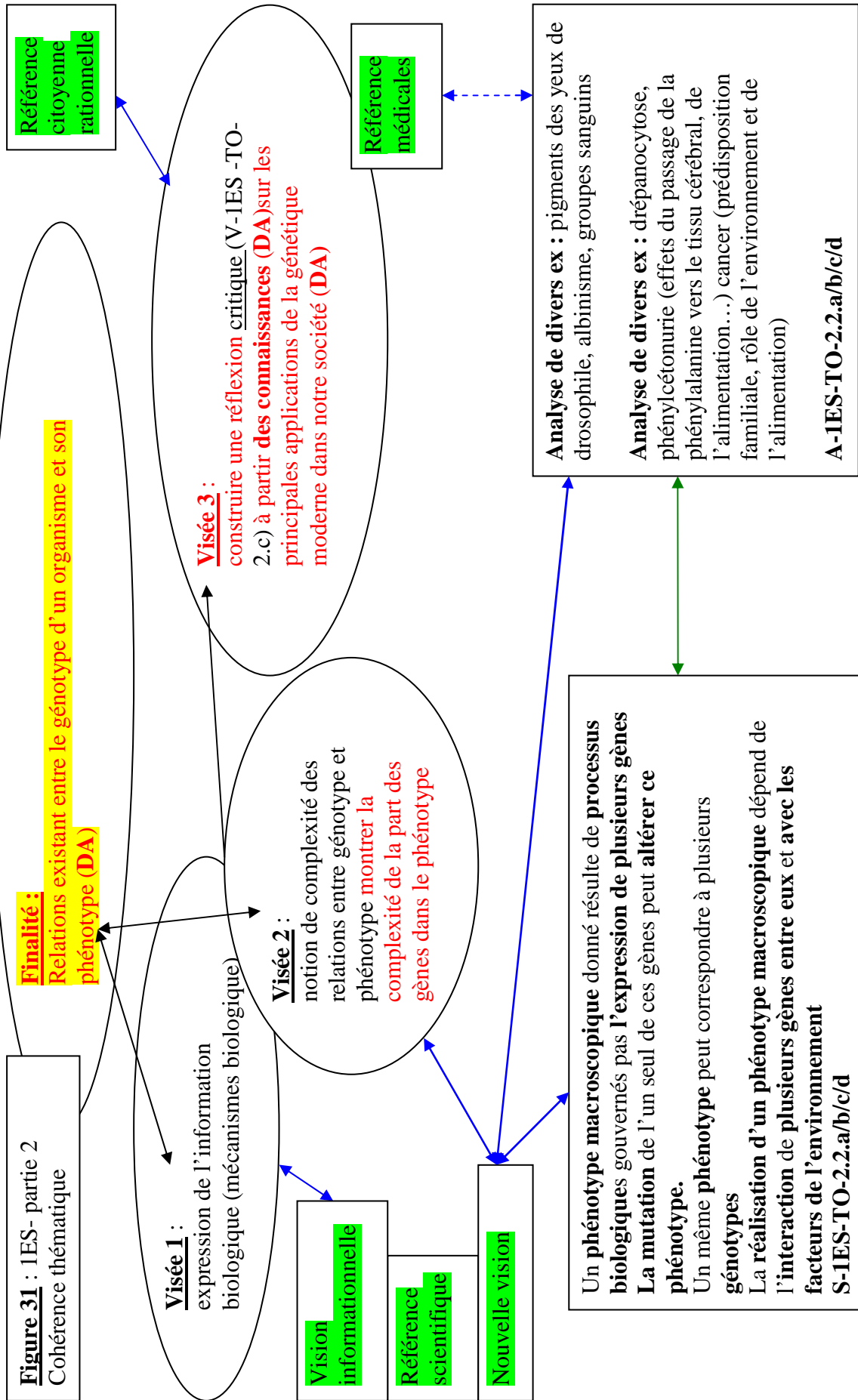
Remarque :

- les unités d'analyse correspondant à des savoirs se réfèrent de façon assez explicite à des résultats de pratique de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision ;
- les unités d'analyse correspondant à des tâches se réfèrent à des objets d'étude de pratiques de recherche en biologie moléculaire ou de pratiques de recherche médicale qui constituent de bons exemples pour mettre en évidence la complexité des relations entre génotype et phénotype.

Commentaire sur la figure 31 : cohérence thématique des unités d'analyse de la partie 2 se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1^{ère} ES)

Une mise en relation explicite entre les unités d'analyse de savoirs, les tâches de la partie 2, la visée 2, et la référence à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision assure une **forte cohérence à ce réseau**.

Les objets choisis pour la tâche d'analyse permettent bien de construire l'ensemble des énoncés de savoir.



Cohérences des unités d'analyses de la partie 1 avec les finalités et visées du thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » (1^{ère} ES)

Nous proposons une mise en cohérence des unités d'analyse de la partie 1 correspondant à un savoir et à une tâche et se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision avec les finalités (prise en compte des différents niveaux d'organisation), les visées et les référence du thème « **du génotype au phénotype, applications biotechnologiques** » (**Figure 32**).

Légende de la figure 32:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

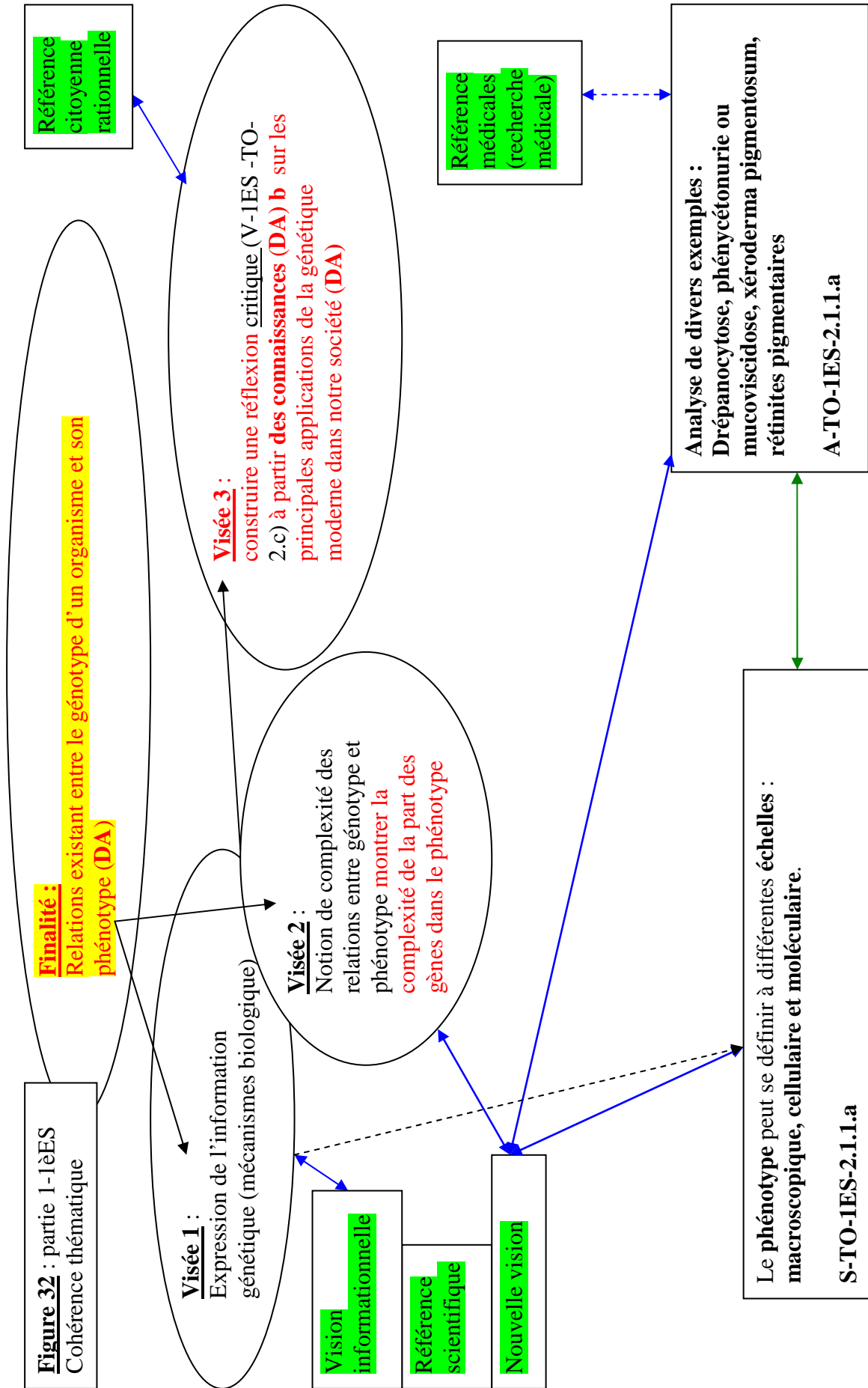
Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

Remarque :

- l'unité d'analyse correspondant à un savoir « *Le **phénotype** peut se définir à différentes échelles : **macroscopique, cellulaire et moléculaire*** » se réfère davantage à une démarche qu'à un résultat des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision ;
- l'unité d'analyse correspondant à une tâche se réfère à des objets d'étude de pratiques de recherche médicale pour lesquels ce travail a été conduit. Parmi les objets d'étude sélectionnés pour les tâches de la partie 2 se retrouvent tous ceux sélectionnés pour les tâches de la partie 1. Un lien est ainsi établi entre les parties 1 et 2.



Commentaire de la figure 32 : cohérence thématique des unités d'analyse de la partie 1 se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (1^{ère} ES/ thème « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques »)

L'unité d'analyse de savoir prenant en compte la diversité des niveaux d'organisation pour définir les phénotypes ne répond directement à aucune des trois visées.

Une mise en relation explicite entre l'unité d'analyse de savoir, la tâche de la partie 1 et la référence à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision est établie. Les objets sélectionnés pour la tâche d'analyse permettent bien de construire l'énoncé de savoir associé.

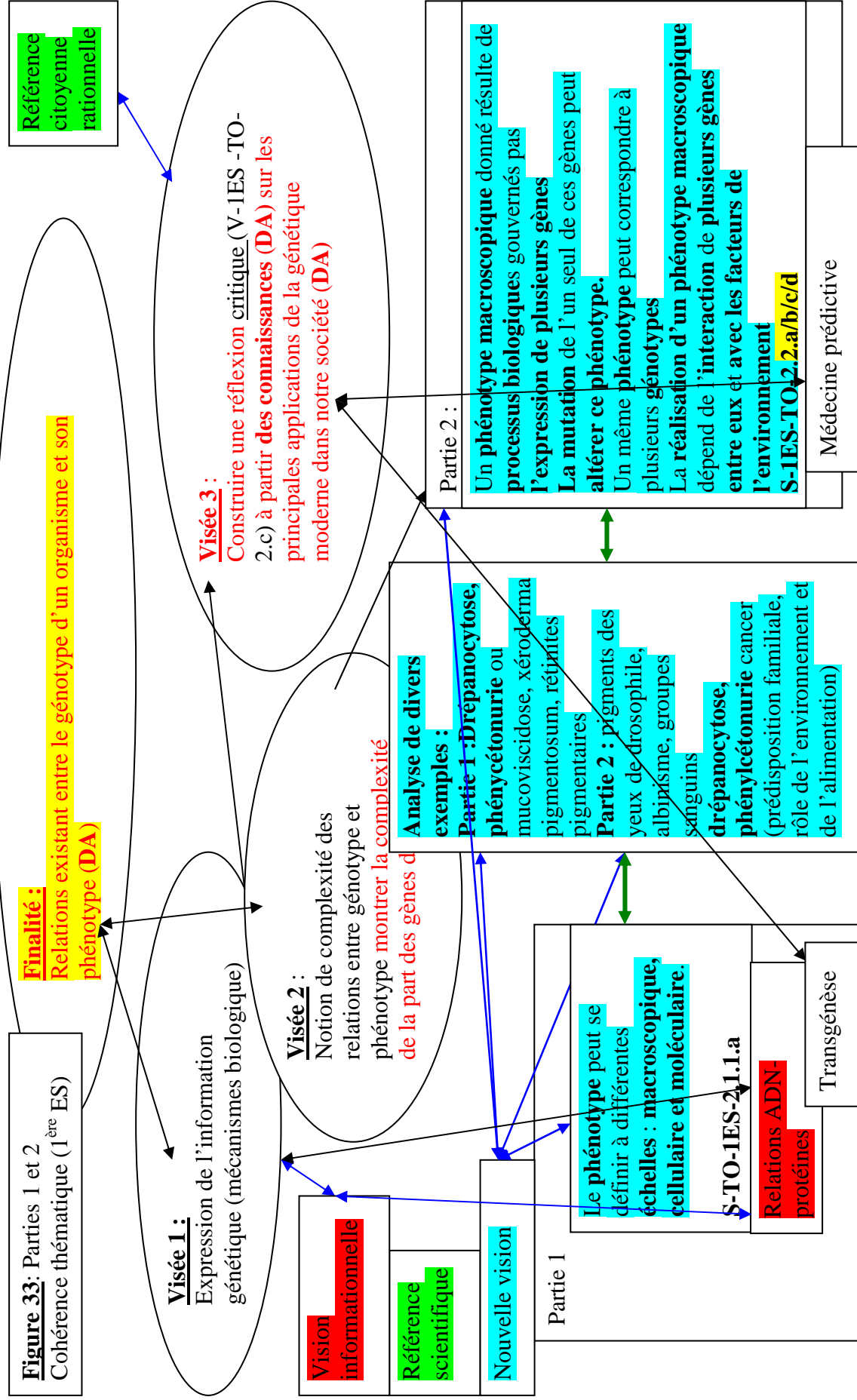
Un réseau local entre la tâche, le savoir et la référence de forte cohérence est établi alors que la cohérence de la tâche et du savoir avec les visées du thème n'est pas explicitée.

Les documents d'accompagnement apportent des précisions à ce sujet.

Pour la partie 1, le travail sur les phénotypes aux différents niveaux d'organisation vise à montrer que les phénotypes macroscopique et cellulaire peuvent être expliqués à l'échelle moléculaire (protéines). Il s'agit ensuite d'établir que les gènes interviennent sur les phénotypes par l'intermédiaire du codage (code génétique) des protéines. Ce savoir et cette tâche vise donc à montrer que le phénotype macroscopique peut être expliqué dans une démarche descendante par l'échelle moléculaire (les protéines). Les autres énoncés de la partie établissent ensuite dans une démarche ascendante le lien entre les gènes et les protéines. Pas directement en lien avec la visée, le réseau local cohérent formé par ce savoir et cette tâche permettent d'inscrire dans une démarche se référant aux démarches de la nouvelle vision l'étude de l'expression de l'information génétique. Par ailleurs les exemples pris dans la tâche de la partie 1 étant repris dans la partie 2 pour travailler la notion de complexité des relations entre génotype et phénotype permet après avoir établi un premier schéma linéaire entre gène –protéine/ phénotype cellulaire et phénotype macroscopique de complexifier ce schéma en ajoutant l'influence de l'environnement ou le rôle d'autres gènes.

Un lien est ainsi créé entre les deux parties mettant en tension les deux types de pratiques de recherche qui servent de référence : les pratiques s'inscrivant dans la vision informationnelle pour la partie 1 et les pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision pour la partie 2.

Nous proposons de récapituler sur la **figure 33** l'ensemble des relations entre les différentes finalités et visées du thème, les différentes parties, leurs références et les différentes unités d'analyse se référant aux pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision.



Légende de la figure 32:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Les énoncés s'inscrivant dans la **vision informationnelle** sont surlignés en rouge et ceux s'inscrivant dans la **nouvelle vision** en bleu

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

Commentaire de la figure 33 : tension entre les deux visions dans lesquelles s'inscrivent les pratiques de référence auxquelles se réfèrent les unités d'analyse des parties 1 et 2 du thème « Du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » (1^{ère} ES)

Un thème en tension entre des références inscrites dans les deux visions

Comme nous l'avons déjà noté, la partie 1 se réfère majoritairement à des résultats de pratiques de recherche s'inscrivant dans la vision informationnelle alors que la partie 2 se réfère à des résultats de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Les unités d'analyse de la partie 1 centrées sur la description du phénotype de maladies aux différents niveaux d'organisation établissent un lien entre les contenus de la partie 1 auxquels elles sont articulées (cf. réseau notionnel **figure 27**, p.364) et celles de la partie 2 avec lesquelles elles partagent des références notamment en termes d'objets d'étude pour les tâches.

Un traitement différent pour les deux applications du thème

Les applications biotechnologiques présentées dans ce thème ont été dissociées et réparties entre les deux parties du thème :

- la transgénèse est insérée dans la partie 1 (greffage avec une mise en cohérence scientifique forte et citoyenne faible) (cf. **figure 29**, p.373) ;

- les diagnostics prénataux et la médecine prédictive dans la partie 2 (greffage sur le réseau notionnel, insertion pensée en cohérence avec la visée citoyenne)

Les deux applications sont donc présentées comme à traiter dans le cadre de la visée 3, visée citoyenne.

Or la visée citoyenne (visée 3) demande pour ces applications de « construire une réflexion à partir des connaissances élaborées ». Ainsi, les enjeux et limites de la **transgénèse** sont discutés sur les bases des contenus et notions de la partie 1, alors que les enjeux et limites des prédictions à partir de l'identification de certains allèles sont discutés en prenant en compte les contenus et notions de la partie 2.

La transgénèse **est présentée** comme à discuter à partir de connaissances se référant à des résultats issus de pratiques de recherche s'inscrivant dans une vision informationnelle.

La médecine prédictive et notamment les prédictions qui peuvent être réalisées dans un cadre médical à partir des résultats des tests génétiques sont eux présentés comme à discuter à partir des connaissances des parties 1 et 2.

2. Cohérence programmatique (1^{ère} ES)

a. **Pour les unités d'analyse incluant la notion de transgénèse**

Une mise en relation des sélections opérées pour les tâches, visées et références du programme de 1^{ère} ES (**figure 8** de la partie II, p.108) et des visées, tâches et références des thèmes intégrant les unités d'analyse incluant la notion de « transgénèse » est proposée dans la **Tableau 55**.

Légende du tableau 55:

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge.

Tableau 55 : Mise en cohérence thématique (1^{ère} ES – transgénèse)

| Visées disciplinaires, thématiques et notions et contenus | | Démarche pédagogique/ activité | | référence |
|---|--|--|--|---|
| Fondement discipline « enseignement scientifique » 1^{ère} ES | | | | |
| visée 1 : Apporter des connaissances de base (V-IES et DA) | visée 2 : Apporter des raisonnements scientifiques (V-IES – DA)) | Démarche expérimentale (V-IES) Objet :sujets de santé humaine ou ayant trait à l'environnement | | Pratique de recherche s'inscrivant dans : |
| Finalité : Pour comprendre de façon critique certains problèmes de sociétés (V-IES) | | | | |
| Construction thématique | | | | |
| Finalité : pour étudier les relations existant entre le génotype d'un organisme et son phénotype (DA) | | | | |
| 1-visée 1 : préciser les mécanismes biologiques de l'expression de l'information génétique_ (V-IES -TO-2.a) | 2-visée 2 : appréhender la complexité des relations entre génotype et phénotype_ (V-IES -TO-2.b) | la Notion de | | - la nouvelle vision |
| a-Rechercher l'explication des phénotypes des différents niveaux d'organisation à l'échelle moléculaire | b-Montrer que les gènes interviennent sur les phénotypes par l'intermédiaire des protéines qu'ils codent (code génétique) | c-montrer la complexité de la part des gènes dans le phénotype | | - la nouvelle information |
| 3-construire une réflexion à partir des connaissances (DA-V-IES -TO-2.c) sur les principales applications de la génétique moderne dans notre société (DA-V-IES -TO-2.c) Ouvrir une réflexion sur les enjeux et limites de ces applications :2bis-les OGM pour la transgénèse | Phénotype à différents niveaux d'organisation | « Analyse d'exemples de production de nouvelles protéines par transgénèse intraspécifique, ou interspécifique (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...) » | | pratiques citoyennes |
| De l'ADN aux protéines | De l'ADN aux protéines | « La modification du génotype d'un organisme par transgénèse, qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l'universalité du code génétique » | | pratiques industrielles médicales |

Commentaire sur le tableau 55 : mise en cohérence programmatique pour les unités d'analyse relevant de pratiques se référant à la transgénèse pour la classe de 1^{ère} ES

Le schéma d'insertion thématique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse s'inscrit dans un réseau cohérent avec les fondements de la discipline pour la 1^{ère} ES.

Elles sont en relation avec des visées d'éducation scientifique qui apportent des connaissances permettant de répondre à une visée citoyenne explicitée pour la transgénèse dans les documents d'accompagnement.

Le réseau de visées étant le même pour la discipline en 1^{ère} ES et pour le thème, si le lien des unités avec les connaissances est clair, celui avec la visée d'éducation citoyenne reste implicite.

Par ailleurs, la démarche scientifique, ou recherche d'explications est cohérent avec la tâche d'explicitier le principe de la transgénèse à partir de documents.

La visée de « réflexion critique » n'est pas associée à une activité ni au niveau de la discipline, ni au niveau du thème.

Insertion programmatique de la notion de transgénèse cohérente avec l'insertion thématique :

Les visées et finalités du programme et du thème sont en correspondance.

Deux visées scientifiques pour une finalité citoyenne mises en relation avec une démarche d'enseignement à référence scientifique clairement explicitée au niveau du programme, la tâche est plus ouverte au niveau du thème (la formulation peut permettre des références scientifiques ou citoyennes).

Les objets associés à la tâche au niveau du thème sont en cohérence avec ceux proposés au niveau du programme.

L'insertion notionnelle de la transgénèse dans un réseau de notions scientifiques met fortement en cohérence cette notion avec le réseau de visées, de finalités, de tâches et de références scientifiques.

La mise en cohérence avec les finalités et les références citoyennes bien qu'explicitée pour les finalités, reste implicite dans les savoirs et les tâches.

Le lien avec la finalité citoyenne reste implicite : l'insertion notionnelle se fait dans un réseau notionnel scientifique, les objets de la tâche se réfèrent à des pratiques industrielles, et la définition de la tâche reste générale.

b. Pour les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1^{ère} ES)

Une mise en relation des sélections opérées pour les tâches, visées et références du programme de 1^{ère} ES (**figure 8** de la partie II, p.108) et des visées, tâches et références des thèmes intégrant les unités d'analyse incluant la notion de « transgénése » est proposée dans la **Tableau 56**.

Légende du tableau 56:

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge.

Commentaire du tableau 56 :

L'insertion programmatique des unités d'analyse se référant à des pratiques inscrites dans la nouvelle vision est cohérente avec l'insertion thématique

Les visées et finalités du programme et du thème sont en correspondance.

Deux visées scientifiques pour une finalité citoyenne sont mises en relation avec une démarche d'enseignement ou une tâche à référence scientifique clairement explicitée. En outre, les objets associés à la tâche au niveau du thème sont en cohérence avec ceux proposés au niveau du programme.

Tableau 56 : Mise en cohérence thématique (1^{ère} ES – unités d’analyse se référant à des pratiques inscrites dans la nouvelle vision)

| Visées disciplinaires ; thématiques et notions et contenus | | Démarche pédagogique/ activité | référence |
|--|--|--|--|
| Fondement discipline « enseignement scientifique » 1^{ère} ES | | | |
| visée 1 : Apporter des connaissances de base (V-IES et DA) | visée 2 : Apporter des raisonnements scientifiques (V-IES – DA)) | Démarche expérimentale (V-IES) Objet :sujets de santé humaine ou ayant trait à l'environnement | Pratique de recherche s'inscrivant dans : |
| Finalité : Pour comprendre de façon critique certains problèmes de sociétés (V-IES) | | | |
| Construction thématique | | | |
| Finalité : pour étudier les relations existant entre le génotype d'un organisme et son phénotype (DA) | | | |
| 1-visée 1 : préciser les mécanismes biologiques de l'expression de l'information génétique_ (V-IES -TO-2.a) | 2- visée 2 : appréhender la complexité des relations entre génotype et phénotype_ (V-IES -TO-2.b) | la Notion de | la vision informationnelle |
| a-Rechercher l'explication des phénotypes des différents niveaux d'organisation à l'échelle moléculaire | c-Montrer la complexité de la part des gènes dans le phénotype | | la nouvelle vision |
| b-Montrer que les gènes interviennent sur les phénotypes par l'intermédiaire des protéines qu'ils codent (code génétique) | | | pratiques citoyennes |
| 3-construire une réflexion à partir des connaissances modernes dans notre société (DA-V-IES -TO-2.c)Ouvrir une réflexion sur les enjeux et limites de ces applications :2bis-les OGM pour la transgénèse | | sur les principales applications de la génétique | pratiques médicales |
| Contenus et notions sur la complexité de la part des gènes dans le phénotype S - IES-TO-2.2.a/b/c/d | La médecine prédictive et diagnostic prénatal ont pour but de détecter la présence de certains allèles chez un individu | La médecine prédictive et diagnostic prénatal ont pour but de détecter la présence de certains allèles chez un individu | pratiques médicales |
| Analyse de divers ex : pigments des yeux de drosophile, albinisme, groupes sanguins ; drépanocytose, phénylcétonurie cancer | Etude d'un diagnostic prénatal | Etude d'un diagnostic prénatal | pratiques médicales |
| | | Débat argumenté en relation avec l'enseignement d'éducation civique, juridique et social | |

E. Examen des contenus et visées des programmes de 1^{ère} L se référant à des pratiques de transgénèse ou à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision

Le programme de première L (**tableau 44** des annexes IV dont un extrait est proposé ci-dessous, p.163) comprend des unités d’analyse se référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision. Ces unités d’analyse relèvent de deux thèmes :

- un thème obligatoire : « représentation visuelle du monde » qui comprend des unités d’analyse se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision :
- un thème au choix : « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » qui comprend des unités d’analyse se référant à des pratiques s’inscrivant la nouvelle vision et à des pratiques de transgénèse.

Extrait du tableau 44 des annexes IV : organisation du programme de 1^{ère} L

| | |
|--|---|
| 1^{ère} L Enseignement scientifique | <u>Thèmes initialement obligatoires communs aux deux disciplines</u> représentation visuelle du monde alimentation et environnement |
| | <u>Thème au choix en SVT :</u> procréation du génotype au phénotype, applications biotechnologiques place de l’homme dans l’évolution |
| | <u>Thèmes au choix en sciences de la matière (physique chimie)</u> enjeux planétaires énergétiques physique et chimie dans la cuisine |

Le thème au choix « du génotype au phénotype, applications biotechnologiques » correspondant mot pour mot au thème obligatoire de 1^{ère} ES portant le même titre, nous n'étudierons que la prise en charge programmatique de ses unités d'analyse.

Par contre pour le thème obligatoire : « représentation visuelle du monde » seront établis **le réseau notionnel** de la partie incluant les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision puis les **cohérences thématiques** entre les visées, les tâches, les références du thème et des énoncés de savoir seront examinées afin d'identifier le mode d'insertion thématique de ces unités d'analyse.

Pour le programme de première L, une représentation de la prise en charge (mise en forme et mise en cohérence) de l'ensemble des unités par le programme sera établie.

1. Réseau notionnel et cohérences thématiques et paradigmatiques pour les contenus et visées se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision du thème « représentation visuelle du monde » (1^{ère} L)

a. Réseau notionnel

Deux unités d'analyse (cf. **tableau 57**) de savoir du thème « représentation visuelle » se réfèrent à des pratiques de recherche en neurologie qui s'inscrivent dans la nouvelle vision.

Tableau 57: Récapitulatif des unités d'analyse concernées (1^{ère} L)

| Codification | Énoncé de savoir issu de la colonne « notions et contenus » |
|----------------------|--|
| S-1L-TO-1.3.a | L'organisation générale du cortex visuel est la même pour tous (déterminisme génétique) |
| S-1L-TO-1.3.b | Les apprentissages et les expériences acquises sont à l'origine d'une organisation différente des réseaux de neurones corticaux qui fait qu'aucun cerveau ne voit le monde exactement comme un autre |

Ces deux unités d'analyse appartiennent à la troisième partie du thème intitulée : « Le cerveau : un exemple d'intégration des signaux. »

Cette partie est composée de quatre énoncés. Deux portent sur l'organisation en aire du cortex visuel et sur le rôle des différentes aires dans la perception. Les deux suivants correspondent

aux deux unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision et sont centrés sur le déterminisme de l'organisation cérébrale.

L'examen des énoncés afin de proposer, **figure 34**, une représentation spatiale du réseau notionnel n'a été conduit que pour ces deux unités d'analyse (cf. tableau 74.a des annexes IV) afin de centrer l'analyse sur la mise en relation des deux conceptions génotypiques et phénotypiques de la représentation visuelle.

Figure 34 : Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel formé par les énoncés et notions des deux unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1^{ère} L/ thème « représentation visuelle du monde »)



Légende de la figure 34 :

- les notions sont encadrées
- les liens sémantiques sont portés sur les flèches
- le sens de la flèche indique le sens de lecture
- la double flèche en pointillés indique une mise en relation implicite
- les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement sont en rouge
- les mises en relation rendues possibles par les documents d'accompagnement sont également portées en rouge

Commentaire de la figure 34 : proposition d'un réseau notionnel pour ces deux unités d'analyse :

Il s'agit d'un **réseau** centré sur la notion de représentation du monde associée à celle de perception, notions mises en relation avec celle d'organisation.

Deux séries de branches sont associées à ce cœur de réseau : l'une en relation avec la conception génotypique de la perception, l'autre en relation avec la conception phénotypique. La notion de dérèglement par des produits exogènes est greffée faiblement à ce réseau (une mise en relation).

La notion d'organisation en tension

Cette représentation spatiale met en évidence des tensions autour de la notion d'organisation :

- tensions liées aux différents niveaux d'organisation considérés : **mise en tension par une mise en relation** de l'organisation générale du cortex et de l'organisation des réseaux de neurones corticaux ;
- tensions liées aux différents déterminismes impliqués dans l'établissement de cette organisation : **mise en tension par séparation** du déterminisme génétique et du rôle des expériences et des apprentissages.

La notion de perception, implicite dans les programmes, est construite comme une résultante du déterminisme génétique et du rôle des expériences et des apprentissages.

En effet, **la notion de perception** (absente des programmes et introduite par les documents d'accompagnement) est associée d'une part aux deux conceptions génotypique et phénotypique de la vision évoquées par les programmes, mais également à la dimension esthétique et à ses dérèglements par des substances exogènes en s'appuyant sur la notion de neuromédiateur vue précédemment.

Si le programme explicite le déterminisme génétique de la vision et l'influence des expériences et apprentissages, les documents d'accompagnement précisent davantage cette double caractérisation de la perception et ouvrent sur ses conséquences esthétiques et son dérèglement éventuel.

b. Cohérence thématique dans laquelle s'inscrivent les unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision du thème « représentation visuelle du monde » (1^{ère} L)

Un examen des visées du thème « La représentation visuelle du monde », de leurs références, des unités d'analyse correspondant au savoir et de leurs références a été conduit. Les analyses sont proposées en annexe (**Tableaux 74.b et 74.c** des annexes IV, p.305 et p.309).

Nous proposons une mise en cohérence thématique de ces unités d'analyse de la partie 3 correspondant à des savoirs et se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision avec les finalités, les visées et les références du thème dans la **tableau 58**.

Légende du tableau 58:

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge.

Les énoncés s'inscrivant dans la nouvelle vision sont surlignés en jaune, ceux s'inscrivant dans la vision informationnelle en vert.

Tableau 58 : Proposition d'une mise en cohérence thématique des visées, activités, parties du thème et unités d'analyse (1^{ère} L/ vision)

| IL-TCo-1 La représentation visuelle du monde | | | |
|--|--|--|---|
| La représentation visuelle que nous avons du monde extérieur est le fruit d'une construction cérébrale à partir de signaux lumineux que capte notre œil (Visée générale SVT + physique chimie (V-IL-TCo-1)) | | | |
| Visées et finalités pour les SVT | | | |
| <p>Visée 1 :</p> <p>éléments de connaissance sur la formation et la propagation du message nerveux</p> | <p>Visée 2</p> <p>montrer l'unicité de chaque cerveau :</p> <ul style="list-style-type: none"> -construction sur les mêmes bases morpho-anatomiques et fonctionnelles pour une espèce -modification dans le détail de l'organisation des réseaux de neurones responsables de son activité en raison de la plasticité cérébrale qui se manifeste au cours de l'apprentissage | <p>Finalité 1</p> <p>souligner l'importance du phénomène d'intégration qui participe à cette construction cérébrale</p> | <p>Finalité 2</p> <p>Base pour une approche ultérieure de la différence individuelle de perception du monde en cours de philosophie (V-CH-IL-TCo-1)</p> |
| <p>Préception des couleurs : DA-SV-IL-TO-1.2</p> <p>n'est pas un processus rétinien mais résulte de l'activité cortical</p> <p>dépend des propriétés des récepteurs que nous possédons et qui sont déterminés génétiquement</p> <p>traitement en parallèle des informations par les aires cérébrales postérieures DA-V-IL-TCo-1.3</p> | <p>DA-A-IL-TCo-1</p> <p>Démarche explicative</p> <p>Au problème : comment expliquer le caractère subjectif des perceptions visuelles</p> <p>Ou comment expliquer la diversité des perceptions dans le domaine de la couleur des objets ?</p> <p>Objets : Illusions d'optiques Figures ambiguës Expérience de Mariotte</p> | <p>la perception visuelle résulte d'une construction cérébrale et que celle-ci est intimement liée à l'organisation et à la structure du cortex. (DA-V-IL-TCo-1.3)</p> <p>l'évocation du rôle des gènes dans la construction du cerveau ainsi que le remodelage permettent des structures corticales sous l'influence de l'environnement (DA-V-IL-TCo-1.3)</p> | <p>SVT. Le cerveau : un exemple d'intégration des signaux</p> <p>Unités d'analyse : conception phénotypique et génotypique</p> <p>Pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision</p> |
| <p>IL-TCo-1.1SVT. L'œil : système optique de la formation des images</p> <p>Pratique de recherche en neurophysiologie</p> | <p>IL-TCo-1.2SVT. La rétine : les photorécepteurs rétinien génèrent des messages sensoriels.</p> | <p>IL-TCo-1.3</p> | |

Commentaire du tableau 58 : cohérence thématique des unités d'analyse de la partie : « le cerveau un exemple d'intégration des signaux » du thème « représentation visuelle du monde » (1^{ère} L)

Le programme du thème « la représentation visuelle du monde » est globalement construit sur deux références : des pratiques de neurophysiologie classique (centrées sur l'organe récepteur, les récepteurs sensoriels et la transmission des messages nerveux) et des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (élaboration d'un phénotype en prenant en compte les différents facteurs qui interagissent aux différents niveaux d'organisation).

Les visées explicitent ces deux types de références. Les finalités sont davantage centrées sur le caractère subjectif de la perception et des conséquences notamment en esthétique.

La démarche d'enseignement suggère, comme problème scientifique à résoudre par le traitement des trois parties, un problème centré sur l'explication du caractère subjectif de la perception.

La sélection des finalités et l'explicitation du problème scientifique mettent en avant pour ce thème les énoncés contenus dans les deux unités d'analyse de la partie 3 que nous avons examinées.

Ces deux unités d'analyse présentent donc une insertion thématique forte par une mise en cohérence explicite avec des visées, les deux finalités, les références du thème et le problème à résoudre pour la démarche d'investigation à mettre en place pour le thème

2. Cohérence programmatique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénése et des unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

Une mise en relation des sélections opérées pour les tâches, visées et références du programme de 1^{ère} L (**figure 9** de la partie II, p.109) et des visées, tâches et références des thèmes intégrant les différentes unités d'analyse est proposée dans la **figure 35**.

Légende de la figure 35:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

La énoncés s'inscrivant dans la **vision informationnelle** sont surlignés en rouge et ceux s'inscrivant dans la **nouvelle vision** en bleu

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

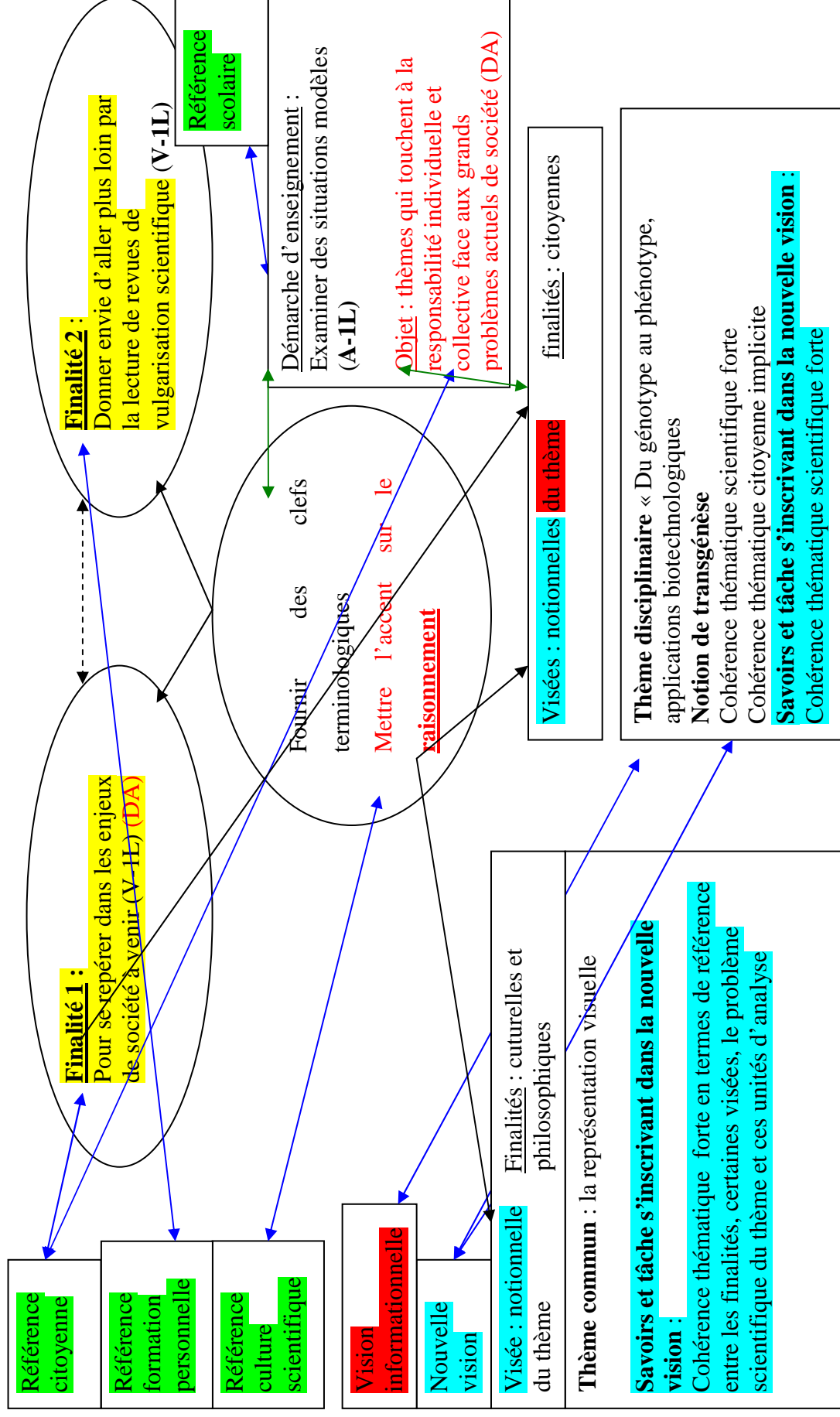
Commentaire de la figure 35 : mise en cohérence programmatique en 1^{ère} L de ces unités d'analyse...

Les visées et finalités du programme restent très générales.

La visée du programme, donner des clés terminologiques, est cohérente avec les visées notionnelles thématiques des deux thèmes.

Les références de la visée du programme et des thèmes sont scientifiques (culture scientifique se référant à des résultats issus de différentes pratiques).

Figure 35 : Proposition d'une mise en cohérence programmatique en 1^{ère} L (programme +DA)



...Commentaire de la figure 35 (suite)...

Les cohérences thématiques établies pour les unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision sont basées soit sur une mise en cohérence des savoirs, des tâches et des visées autour de la référence scientifique, soit autour d'une mise en cohérence des savoirs et des visées autour de cette même référence.

La contribution de ces unités d'analyse aux deux finalités citoyenne et de formation personnelle du programme reste implicite.

Pour les unités d'analyse se référant à la transgénèse :

Les savoirs, les tâches et les visées du thème sont mis en cohérence autour de la référence scientifique.

Une mise en cohérence plus implicite est indiquée avec la finalité citoyenne.

F. Examen des contenus et visées des programmes de 1^{ère} S se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

Aucune unité d'analyse du programme élaboré pour la classe de 1^{ère} S ne se réfère à des pratiques de transgénèse.

Par contre, comme présenté dans le **tableau 64** des annexes IV (p.259), de très nombreuses unités d'analyse réparties dans l'ensemble du programme des sciences de la vie se réfèrent à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

1. Réseau thématique d'inscription des unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision

Le **Tableau 59** présente l'organisation du programme de 1^{ère} S et propose un repérage de la présence d'unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision (Thèmes surlignées en jaune).

Tableau 59 : Organisation du programme de 1^{ère} S et repérage des thèmes comprenant des unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans **la nouvelle vision** (surlignés en jaune)

| | |
|-------------------------------------|--|
| <p>1^{ère} S</p> <p>SVT</p> | <p>SCIENCES DE LA TERRE</p> <p>Thème général : structure, composition et dynamique de la Terre</p> <hr/> <p>SCIENCES DE LA VIE</p> <p>THEME GENERAL : DES PHENOTYPES A DIFFERENTS NIVEAUX D'ORGANISATION DU VIVANT</p> <p>Du génotype au phénotype, relations avec l'environnement</p> <p>La morphogénèse végétale et l'établissement du phénotype</p> <p>La régulation de la glycémie et les phénotypes diabétiques</p> <p>La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux</p> |
|-------------------------------------|--|

Etant donné le nombre très élevé d'unités d'analyse se référant à ces pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision, un examen de l'articulation de ces unités d'analyse de savoir avec les autres énoncés de savoir de ces différents thèmes a été conduit.

Le **tableau 60** présente les différentes **parties des thèmes de 1^{ère} S qui comprennent des unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision**. Ces parties sont surlignées en jaune. Il propose par ailleurs pour les différentes parties des thèmes des pratiques de référence. Celles-ci sont proposées après lecture des énoncés de savoir du thème ou de la partie du thème.

Les énoncés de savoir ne sont pas repris (voir le programme de 1^{ère} S). Seuls les titres des thèmes et des parties ou sous parties de thème sont indiqués dans ce **tableau 60**.

Tableau 60 : Repérage des références sélectionnées pour les différents énoncés de savoir des sciences de la vie : mode d'insertion thématique des unités de savoir se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (1^{ère} S)

| | |
|--|---|
| Thème et parties de thème du programme de 1 ^{ère} S en sciences de la Vie | Proposition de pratiques de référence |
| Unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision | Nouvelle vision |
| Des phénotypes à différents niveaux d'organisation du vivant | |
| Thème 1 : 1S-SV-1 Du génotype au phénotype, relation avec l'environnement (6 semaines) | |
| 1.1- La diversité des phénotypes | Pratique de recherche inscrite dans la nouvelle vision (démarche) |
| 1.2 - Des protéines actives dans la catalyse : les enzymes | Pratique de recherche en biochimie |
| 1.3 - La synthèse des protéines | Pratique de recherche en biologie moléculaire classique |
| 1.4 - Complexité des relations entre gènes, phénotypes et environnement | Pratiques de recherche en biologie moléculaire inscrite dans la nouvelle vision |
| Thème 2 : 1S-SV-2 Morphogénèse végétale et établissement du phénotype (5 semaines) | |
| 2.1- La diversité morphologique des caractéristiques des végétaux | Pratiques de recherche sur la morphologie des végétaux (prise en compte des facteurs génétique et environnementaux) |
| 2.2- La morphogénèse associe la division et la croissance cellulaire au niveau de territoires spécialisés. | Pratique de recherche en biologie végétale (morphogénèse) |
| 2.3- la mitose est un processus commun aux cellules eucaryotes | Pratique de recherche en biologie cellulaire (mitose) / biologie moléculaire classique (ADN) |
| 2.4- Dans la tige, la croissance cellulaire est contrôlée par une hormone : | Pratique de recherche en physiologie végétale : impact des |

| | | |
|---|---|--|
| l'auxine | | hormones sur les gènes et influence de facteurs de l'environnement sur la répartition des hormones |
| 2.5- Le développement du végétal est influencé par la répartition des hormones en interaction avec les facteurs de l'environnement | | |
| Thème 3 : 1S-SV-3 | La régulation de la glycémie et les phénotypes diabétiques (3 semaines) | |
| 3.1- L'homéostat glycémique | | Pratique de recherche en physiologie animale |
| 3.2- Les phénotypes diabétiques | | Pratique de recherche médicale sur le diabète s'inscrivant dans la nouvelle vision (démarche, résultats) |
| Thème 4 : 1S-SV-4 | La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux (6 semaines) | |
| 4.1- Les propriétés intégratrices des centres nerveux et le fonctionnement des neurones | | |
| 4.1.1- Les circuits neuroniques médullaires mobilisés au cours du réflexe myotatique | | Pratiques de recherche en neurobiologie cellulaire classique |
| 4.1.2- Les potentiels d'action et les messages nerveux | | |
| 4.1.3- La part du génotype dans le fonctionnement du système nerveux | | Pratique de recherche en embryologie du système nerveux |
| 4.2- le cortex sensoriel et la plasticité du système nerveux central | | Pratique de recherche en neurophysiologie s'inscrivant dans la nouvelle vision |

Commentaire du tableau 60 : réseau thématique des savoirs se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision dans le programme de 1^{ère} S

La répartition des savoirs se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (surlignées en jaune) dans les différents thèmes, parties et sous-parties du programme montre que ces savoirs :

- sont inclus dans tous les thèmes au programme, que ces thèmes touchent à l'expression de l'information génétique, à la morphogénèse végétale, à la glycémie ou au fonctionnement du système nerveux ;
- sont regroupés dans une ou deux parties du thème :
 - o pour les deux thèmes « Du génotype au phénotype, relation avec l'environnement » et « Morphogénèse végétale et établissement du phénotype » ils sont inclus dans la première et dernière partie ;
 - o pour les deux thèmes « La régulation de la glycémie et les phénotypes diabétiques » et « La part du génotype et la part de l'expérience individuelle dans le fonctionnement du système nerveux » ils sont inclus dans la dernière partie
 - o **dans tous les cas ils alternent avec des parties se référant à des résultats de pratiques** de biologie moléculaire classique, de biochimie, de biologie végétale, cellulaire, de physiologie, de neurobiologie ou d'embryologie du système nerveux **dont l'inscription dans la nouvelle vision n'est pas explicite.**

Les unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision sont donc intégrées de façon forte aux différents thèmes selon un mode d'alternance et de complémentarité avec d'autres savoirs se référant à d'autres pratiques de recherche. Cette mise en relation de savoirs se référant à des résultats de différentes pratiques de recherche apportant pour un objet d'étude donné des informations relevant de différents niveaux d'organisation (organisme, cellule, molécule) ou précisant le rôle d'une molécule, le fonctionnement d'un système peut être mis en correspondance avec les réorganisations des pratiques de recherche dans le cadre de la post-génomique où si les regards disciplinaires restent, ils sont intégrés dans des structures centrées sur un objet d'étude.

Le thème général « des phénotypes à différents niveaux d'organisation du vivant » se réfère doublement à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision :

- d'une part, en intégrant dans tous ses thèmes des savoirs se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision ;
- d'autre part en proposant un traitement des différents thèmes qui articule des résultats issus de différentes pratiques de recherche apportant des informations relevant de différents niveaux d'organisation, de différents points de vue disciplinaire.

2. Cohérences thématiques et programmatiques des unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision

Un examen des visées du thème général « des phénotypes à différents niveaux d'organisation du vivant » des visées des différents thèmes, de leurs références a été conduit. Les analyses sont proposées en annexe (**Tableau 75** annexes IV, p.310).

Les visées, finalités, références et tâches du programme de 1^{ère} S ont été analysées et mises en cohérence dans la partie II, **figure 10, p.110**.

Nous proposons dans la **figure 36** d'articuler les finalités, visées, références, tâches du programme, du thème général en sciences de la vie et des différents thèmes.

Légende de la figure 36:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Les énoncés s'inscrivant dans la **vision informationnelle** sont surlignés en rouge et ceux s'inscrivant dans la **nouvelle vision** en bleu

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

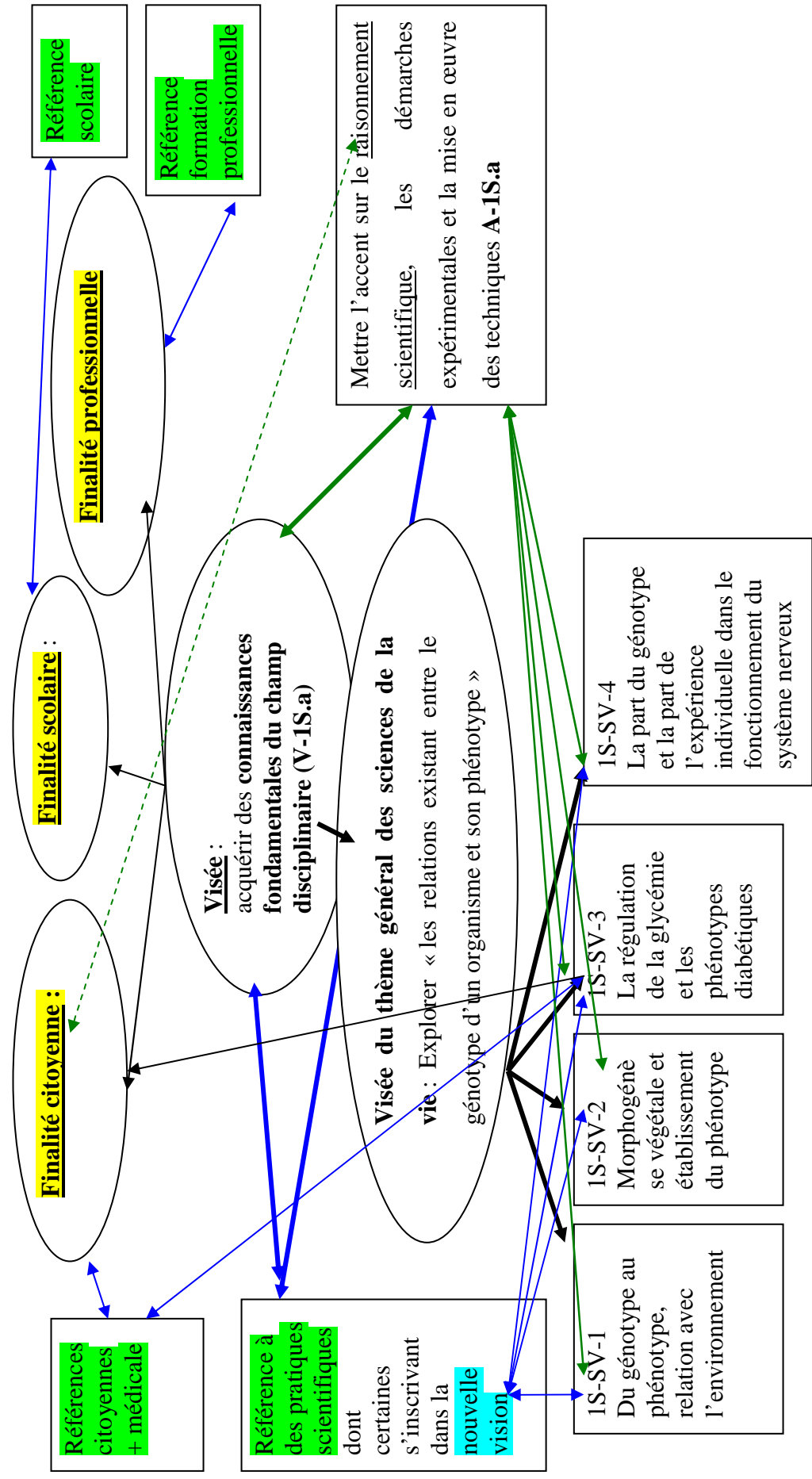
Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

Figure 36 : Proposition de mise en cohérence programmatique des visées, tâches et références du programme et des thèmes de 1^{ère} S



Commentaire de la figure 36 : mises en cohérences thématiques et programmatiques des unités se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision :

Cohérences

Les visées des différents thèmes du programme de sciences de la vie s’inscrivent en cohérence logique avec la visée du thème général : explorer « les relations existant entre le génotype d’un organisme et son phénotype ».

Par ailleurs les savoirs des thèmes et notamment ceux se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision se réfèrent à des pratiques de recherche scientifique.

Les tâches proposées pour ces thèmes et notamment celles correspondant à des unités d’analyse se référant à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision se réfèrent fortement à des objets d’étude, des outils de pratique de recherche scientifique d’où la mise en lien avec les tâches du programme.

La mise en relation entre les visées, les tâches du programme, la visée du thème général, les savoirs et les tâches des différents thèmes est fortement mise en cohérence par la référence scientifique.

Quasi absence d’explicitation de contenus à exploiter en les inscrivant dans la finalité citoyenne

Seul le thème « La régulation de la glycémie et les phénotypes diabétiques » propose un énoncé de savoir se référant à une pratique médicale et à ses dimensions éthiques. Il s’agit de la médecine prédictive, pratique médicale incluse dans un énoncé d’analyse codé comme se référant à des pratiques médicales et citoyennes incluant des résultats, des ressources issues des pratiques de génomique et de post-génomique.

De ce point de vue également, la hiérarchie des références des thèmes est cohérente avec celle du programme : la référence scientifique est privilégiée, les autres références, dont la référence citoyenne, sont secondaires.

G. Examen des contenus et visées du programme d’enseignement obligatoire de terminale S se référant à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision

Le programme de Terminale S s’organise en un enseignement obligatoire et un enseignement de spécialité (**tableau 44** des annexes IV, p.163). Nous examinerons dans un premier temps le programme élaboré pour l’enseignement obligatoire.

Aucune unité d’analyse du programme élaboré pour la classe de TS ne se réfère à des pratiques de transgénèse.

Par contre, comme présenté dans le **tableau 61**, un certain nombre d’unités d’analyse réparties dans deux thèmes du programme se réfèrent à des pratiques de recherche s’inscrivant dans la nouvelle vision.

Tableau 61 : Organisation du programme d’enseignement obligatoire de TS et repérage (en les surlignant en jaune) des thèmes incluant des unités d’analyse se référant à des pratiques de recherche scientifique s’inscrivant dans la nouvelle vision.

| | |
|----|---|
| TS | <p>ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE</p> <p>I.1 Introduction : approche du temps en biologie et géologie</p> <p>I.2 Parenté entre êtres vivants actuels et fossiles- Phylogénèse- Evolution</p> <p>I.3 Stabilité et variabilité des génomes et évolution</p> <p>I.4 la mesure du temps dans l’histoire de la Terre et de la vie</p> <p>I.5 La convergence lithosphérique et ses effets</p> <p style="padding-left: 20px;">1.5.1. Convergence et subduction</p> <p style="padding-left: 20px;">1.5.2. Convergence et collision continentale</p> <p>I.6 Procréation</p> <p>I.7 Immunologie</p> <p>I.8 Couplage des évènements biologiques et géologiques au cours du temps</p> |
|----|---|

1. Réseau thématique d'inscription des unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision

Pour les thèmes « Procréation » et « immunologie » nous avons comme en 1^{ère} S conduit une analyse visant à identifier les pratiques de référence des différents énoncés de savoir des différentes parties et sous-parties de ces thèmes. Les résultats sont présentés dans le **tableau 62**.

Ce tableau propose également pour les différents thèmes des pratiques de référence. Celles-ci sont proposées après lecture des énoncés de savoir du thème ou de la partie d'un thème.

Les énoncés de savoir ne sont pas repris (voir programme de TS). Seuls les titres des thèmes, des parties ou sous parties de thème sont indiqués dans ce tableau.

Commentaire du tableau 62 : réseau thématique des savoirs se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision...

La répartition des savoirs se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision (surlignées en jaune) dans les différents thèmes, parties et sous-parties du programme montre que ces savoirs :

- en terminale S ne sont présents que dans deux thèmes sur huit ;
- que comme en 1^{ère} S ils sont regroupés dans une partie ou une sous partie du thème, placées au début ou à la fin du thème ;
- que ces savoirs sont mis en relation avec des savoirs se référant à des résultats d'autres pratiques : la mise en cohérence de l'ensemble étant assuré par l'objet d'étude commun étudié sous différents aspects.

Intégrés selon la même logique dans le réseau des thèmes, ces savoirs sont moins nombreux et ne sont sollicités que pour un quart des thèmes.

Tableau 62.a : Repérage des références sélectionnées pour les différents énoncés de savoir des sciences de la vie : mode d’insertion thématique des unités de savoir se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision (TS- partie obligatoire)

| | |
|--|--|
| Thème et parties de thème du programme de 1 ^{ère} S en sciences de la Vie | Proposition de pratiques de référence |
| Unités d’analyse se référant à des pratiques s’inscrivant dans la nouvelle vision | Nouvelle vision |
| 1.6- Procréation | |
| 1.6.1- Du sexe génétique au sexe phénotypique | Pratiques de recherche en embryologie humaine s’inscrivant dans la nouvelle vision |
| 1.6.2- Régulation physiologique de l’axe gonadotrope : intervention de trois niveaux de contrôle | Pratiques de recherche en physiologie humaine |
| 1.6.3- Rencontre des gamètes et début de grossesse | Pratiques de recherche en physiologie humaine Pratiques médicales Pratiques citoyennes en lien avec les questions éthiques associées à ces pratiques médicales |
| 1.7- Immunologie | |
| 1.7.1- Une maladie qui touche le système immunitaire : le SIDA (syndrome d’immunodéficience acquise) | Pratiques de recherche en virologie Pratiques de recherche médicale sur le SIDA |
| 1.7.2- Les processus immunitaires mis en jeu- généralisation | Pratiques de recherche en immunologie (processus moléculaires et cellulaires) |
| 1.7.3- Les vaccins et la mémoire immunitaire | |
| 1.7.3.1- les espoirs pour un vaccin anti-VIH | Pratiques de recherche médicale sur les vaccins |
| 1.7.3.2- le phénotype immunitaire : interaction entre le génotype et l’environnement | Pratiques de recherche en immunologie |

2. Cohérences thématiques et programmatiques des unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision

Un examen des visées des thèmes « procréation » et « immunologie » et de leurs références a été conduit. Les analyses sont proposées en annexe. (**Tableaux 76.a et 76.b** des annexes IV, p.312 et p.313).

Les visées, finalités, références et tâches du programme de terminale S- enseignement obligatoire ont été analysées et mises en cohérence dans la partie II.

Nous proposons dans la **figure 37** d'articuler les finalités, visées, références, tâches du programme, du thème général en sciences de la vie (cf. **figure 11**, p.111) et des différents thèmes.

Légende de la figure 37:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Les énoncés s'inscrivant dans la **vision informationnelle** sont surlignés en rouge et ceux s'inscrivant dans la **nouvelle vision** en bleu

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

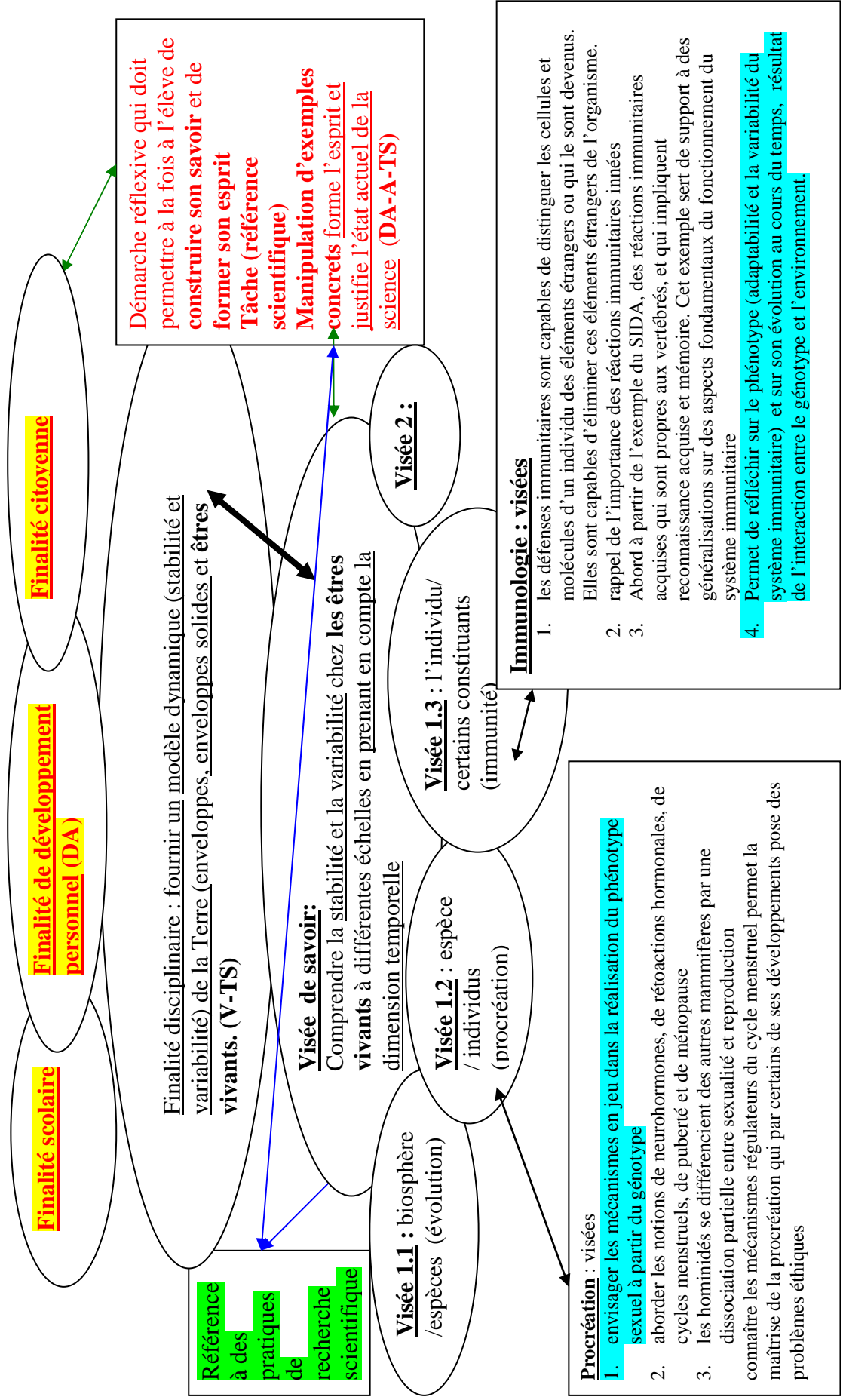
Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

Figure 37 : Mise en cohérence programmatique et thématique des visées, tâches et références du programme, des thèmes de TS -obligatoire



Commentaire de la figure 37 : Cohérence thématique et programmatique

Cohérence thématique :

Thème procréation

Les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision incluses dans la partie 1 du thème « Procréation » visent à permettre « *d'envisager les mécanismes en jeu dans la réalisation du phénotype sexuel à partir du génotype* ». Les unités d'analyse et la visée sont mises en cohérence par une référence commune à des pratiques de recherche en embryologie qui s'inscrivent dans la nouvelle vision (mise en évidence notamment du rôle des hormones à côté de celui du génotype).

La mise en cohérence de cette visée avec les autres visées est assurée par la visée générale de ce thème : « *montrer l'importance des mécanismes hormonaux à toutes les étapes de la reproduction, depuis la mise en place de l'appareil génital jusqu'à la grossesse* » (Documents d'accompagnement de TS)

Thème immunologie :

Les unités d'analyse se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision incluses dans la partie 3 du thème « Immunologie » visent à permettre de « *réfléchir sur le phénotype (adaptabilité et la variabilité du système immunitaire) et sur son évolution au cours du temps, résultat de l'interaction entre le génotype et l'environnement.* » Les unités d'analyse et la visée sont mises en cohérence par une référence commune à des pratiques de recherche en immunologie qui s'inscrivent dans la nouvelle vision (mise en évidence notamment de l'interaction entre l'environnement et le génotype).

La mise en cohérence de cette visée avec les autres visées est présentée comme une ouverture, une opportunité pour réfléchir à partir d'un autre exemple sur la complexité des relations entre génotype et phénotype.

Cohérence programmatique

L'enseignement obligatoire vise pour les êtres vivants à « comprendre la stabilité et la variabilité chez les **êtres vivants** à différentes échelles en prenant en compte la dimension temporelle ».

Les visées des thèmes « Procréation » et « Immunologie » s'inscrivent dans cette visée.

Les visées du thème « Procréation » permettent de comprendre comment la reproduction assure la stabilité de l'espèce (**Visée 1.2**).

Les visées du thème « Immunologie » permettent de comprendre que « la stabilité de l'individu s'accompagne de la variabilité de certains constituants ». En effet la « *variabilité du système immunitaire assure l'intégrité et donc la stabilité des organismes* » (tableau 76.b annexes IV, p.313).

Les unités d'analyse correspondant à des tâches se réfèrent à des objets d'étude, des démarches de pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision.

Les savoirs et les tâches se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision sont insérés dans un réseau de visées thématiques et programmatiques associées à une démarche d'enseignement fortement mis en cohérence par une référence scientifique.

Par contre la visée de savoir du programme est une visée qui ne se réfère pas à un résultat spécifique d'une pratique de recherche mais qui correspond à un savoir synthétisé à partir de la mise en relation de plusieurs résultats de pratiques de recherche scientifique. Il s'agit d'une mise en forme des résultats scientifiques spécifique à la discipline scolaire SVT.

La référence à des résultats issus de pratiques s'intégrant dans la nouvelle vision semble être importante dans cette mise en relation originale des résultats de pratiques scientifiques puisque présents de la 3^{ème} à la terminale

H. Examen des contenus et visées des programmes de terminale S- spécialité se référant à des pratiques de transgénèse

Cinq unités d'analyse correspondant pour trois d'entre elles à des savoirs et pour deux autres à des tâches du thème 2 (cf. **tableau 62**, p.416) du programme d'enseignement de spécialité de la classe de terminale S se réfèrent à des pratiques de transgénèse (**tableau 64** des annexes IV, p.259).

Tableau 62. : Organisation du programme d’enseignement de spécialité de TS et repérage (en les surlignant en vert) des thèmes incluant des unités d’analyse se référant à des pratiques de transgénèse.

| | |
|----|---|
| TS | <p>ENSEIGNEMENT DE SPECIALITE</p> <p>Thème 1- Du passé géologique à l’évolution future de la planète</p> <p>les climats passés de la planète</p> <p>les variations du niveau de la mer</p> <p>Thème 2- Des débuts de la génétique aux enjeux actuels des biotechnologies</p> <p>Thème 3- Diversité et complémentarité des métabolismes</p> |
|----|---|

Le **tableau 63** présente l’organisation du thème 2 du programme de spécialité et explicite les unités d’analyse examinées.

Commentaire du tableau 63

Ces cinq unités d’analyse appartiennent à la cinquième et dernière partie du thème 2 : « **Les enjeux actuels des biotechnologies** ». **Trois unités d’analyse se référant directement à des pratiques de transgénèse constituent la première sous partie** : « La transgénèse et la construction d’organismes génétiquement modifiés (OGM) »

Deux unités d’analyse se référant à une application médicale de la transgénèse, la thérapie génique appartiennent à la seconde sous-partie : « Les biotechnologies et la génétique humaine ».

Il est d’ores et déjà à noter que transgénèse et thérapie génique sont présentées dans deux sous-parties différentes.

Tableau 63 : Repérage de l’inscription des cinq unités d’analyse dans l’organisation du thème 2 (TS- spécialité)

| | | |
|---|---|--|
| TS-II-T2.1 : Les débuts de la génétique : les travaux de Mendel | | |
| TS-II-T2.2 : La théorie chromosomique de l’hérédité | | |
| TS-II-T2.3 : L’avènement de la biologie moléculaire : une nouvelle rupture | | |
| TS-II-T2.4 : La révolution technologique du début des années 1970 | | |
| TS-II.T2.5 : Les enjeux actuels des biotechnologies | | |
| <u>La transgénèse et la construction d’organismes génétiquement modifiés (OGM) (TS-II.T2.5.1)</u> | S-TS-II.T2.5.1.a <u>La capacité d’introduire un gène (modifié ou étranger) conduit à la production d’un organisme transgénique acquérant des propriétés nouvelles</u> | <u>Etudes d’exemples d’OGM pour la résistance aux insectes et la production de molécules pharmacologiques (A-TS-II.T2.5.1.a)</u> <u>Dans un texte ou une étude expérimentale, repérer, les problèmes soulevés par les OGM et argumenter scientifiquement (A-TS-II.T2.5.1.a)</u> |
| | TS-II.T2.5.2 <u>Les biotechnologies et la génétique humaine</u> | TS-II.T2.5.2.a Dépistage et diagnostic génétique |
| | TS-II.T2.5.2.b Un enjeu pour l’avenir : la thérapie génique somatique <u>On peut pallier la déficience d’un gène par une thérapie génique somatique</u> | <u>Etude de documents sur la thérapie génique somatique (A-TS-II.T2.5.2.c)</u> |

1. Réseau notionnel des unités de savoir se référant à des pratiques de transgénèse : insertion de la notion de transgénèse

Un examen des énoncés des deux unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques de transgénèse (**Tableau 77.a** des annexes IV, p.313) a été conduit afin d'identifier les notions, les énoncés qui s'y rapportent ainsi que leur mise en relation sémantique.

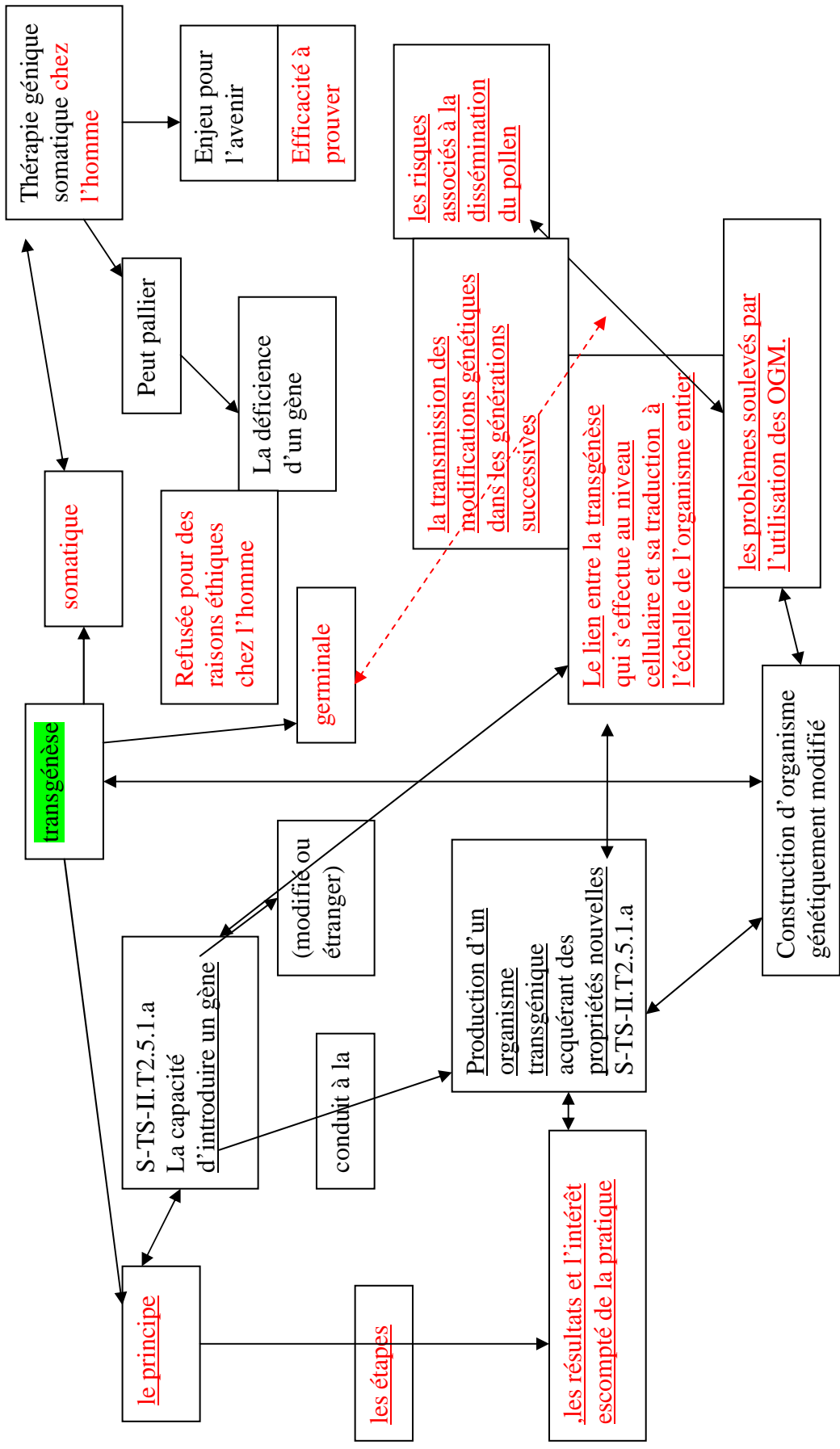
La **figure 38** propose une représentation spatiale du réseau notionnel ainsi établi. Il faut souligner que ces notions sont également mises en relation avec des unités d'analyse se référant aux pratiques médicales s'appuyant sur les tests génétiques. Ces unités d'analyse n'ont pas été prises en compte afin de centrer l'analyse sur la notion de transgénèse.

Légende de la figure 38:

- les notions sont encadrées
- les liens sémantiques sont portés sur les flèches
- le sens de la flèche indique le sens de lecture
- la double flèche en pointillé indique une mise en relation implicite
- les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement sont en rouge
- les mises en relation rendues possibles par les documents d'accompagnement sont également portées en rouge

la notion de **transgénèse** est surlignée en vert

Figure 38: Proposition d'une représentation spatiale du réseau notionnel des unités d'analyse de savoir de la partie 5 qui se réfèrent à des pratiques de transgénèse (TS- spécialité- thème II)



Commentaire de la figure 38 : Insertion de la notion de transgénèse dans le réseau notionnel établi à partir des unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques de transgénèse

Si on se réfère au nombre de mises en relation trois notions sont centrales : les notions de transgénèse, d'OGM et de thérapie génique.

Les mises en relation entre les notions de transgénèse et d'OGM sont indépendantes des mises en relation entre transgénèse et thérapie génique.

La notion de transgénèse n'apparaît dans les programmes qu'en association aux OGM. L'association avec la thérapie génique n'est faite que dans les documents d'accompagnement. Du point de vue des énoncés de savoir, les programmes se limitent pour la transgénèse à énoncer le principe, le résultat et l'intérêt escompté d'une transgénèse.

Les documents d'accompagnement introduisent les étapes d'une transgénèse et le repérage de problèmes soulevés par l'utilisation des OGM.

Les documents d'accompagnement proposent de mettre l'accent sur un problème soulevé par l'utilisation des OGM : les risques associés à la dissémination du pollen.

Les documents d'accompagnement explicitent les savoirs que l'élève doit maîtriser pour expliquer ce problème :

- La compréhension du lien entre la transgénèse qui s'effectue au niveau cellulaire et sa traduction à l'échelle de l'organisme entier (la modification touche aussi les cellules germinales) ;
- la compréhension de la transmission des modifications génétiques dans les générations successives.

Pour la thérapie génique, le programme explicite la visée de cette pratique médicale et souligne qu'il s'agit d'un enjeu pour l'avenir.

Les documents d'accompagnement précisent les limites actuelles de cette pratique et explicitent la thérapie génique somatique en distinguant transgénèse somatique et germinale.

Implicitement sont mis en tension la transgénèse germinale associée à la construction des OGM et la transgénèse somatique associée à la thérapie génique par l'intermédiaire de la distinction transgénèse somatique et germinale.

2. Cohérences des savoirs, des tâches et des références de la sous-partie « La transgénèse et la construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) »

Un examen des unités d'analyse correspondant aux savoirs et aux tâches se référant à des pratiques de transgénèse a été conduit afin d'identifier une mise en cohérence entre les tâches, les savoirs et les références. L'examen a été conduit dans un premier temps uniquement à partir des programmes puis en prenant en compte les documents d'accompagnement.

Les visées ne sont pas citées car aucune visée n'est explicitée dans les programmes pour cette partie.

Cohérence des savoirs, des tâches et des références de la sous- partie « La transgénèse et la construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) » (TS-II.T2.5.1)

Programmes

Potentiellement tous les enjeux actuels des biotechnologies et en particulier de la transgénèse et des OGM sont concernés par cette partie.

L'énoncé de savoir se réfère explicitement au principe des techniques des pratiques de transgénèse. Le seul enjeu présent dans cet énoncé correspond à l'enjeu du résultat de la transgénèse.

La première activité centrée sur des exemples d'organismes soit produisant des molécules pharmacologiques, soit présentant un nouveau caractère et dont la tâche et les supports restent fortement implicites peut potentiellement permettre d'évoquer outre les modalités de construction de ces organismes, l'enjeu de leur production en termes économiques ou leur intérêt pharmaceutique ou agricole. Néanmoins la mise en relation avec l'énoncé de savoir suggère une exploitation des documents se limitant au principe de construction de ces organismes. L'enjeu du résultat (intérêt de ces constructions) peut être considéré comme implicite au choix des supports.

Les enjeux industriels de recherche et développement ou de production pour la transgénèse restent implicites.

La seconde activité centrée sur les problèmes soulevés par les OGM à partir de supports peu déterminés offre également l'occasion d'aborder les différents types d'enjeux.

Néanmoins la tâche « argumenter scientifiquement par rapport à ces problèmes » suggère des problèmes se référant à des problèmes des pratiques citoyennes pour lesquels des arguments scientifiques peuvent être apportés.

Les tâches choisies « repérage des problèmes et argumentation scientifique » suggèrent une référence à des pratiques citoyennes à orientation rationnelle.

Apport des documents d'accompagnement

La prise en compte des documents d'accompagnement fait apparaître deux réseaux de cohérence :

- une mise en cohérence forte autour d'une « approche scientifique » de la transgénèse (savoir, tâche et référence potentiellement en cohérence) ;
- et une mise en cohérence plus faible autour d'une « approche citoyenne » dans la mesure où la tâche relève plus de l'explication scientifique du pourquoi cet aspect des OGM peut poser problème que d'une réflexion et d'un positionnement sur le problème.

A nouveau, la mise en cohérence « citoyenne » se réfère à des pratiques « citoyennes rationnelles ».

Cette mise en cohérence thématique est représentée sur la **figure 39** (à partir des énoncés du programme seuls) et sur la **figure 40** (prise en compte des documents d'accompagnement)

Légende des figures 39 et 40:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

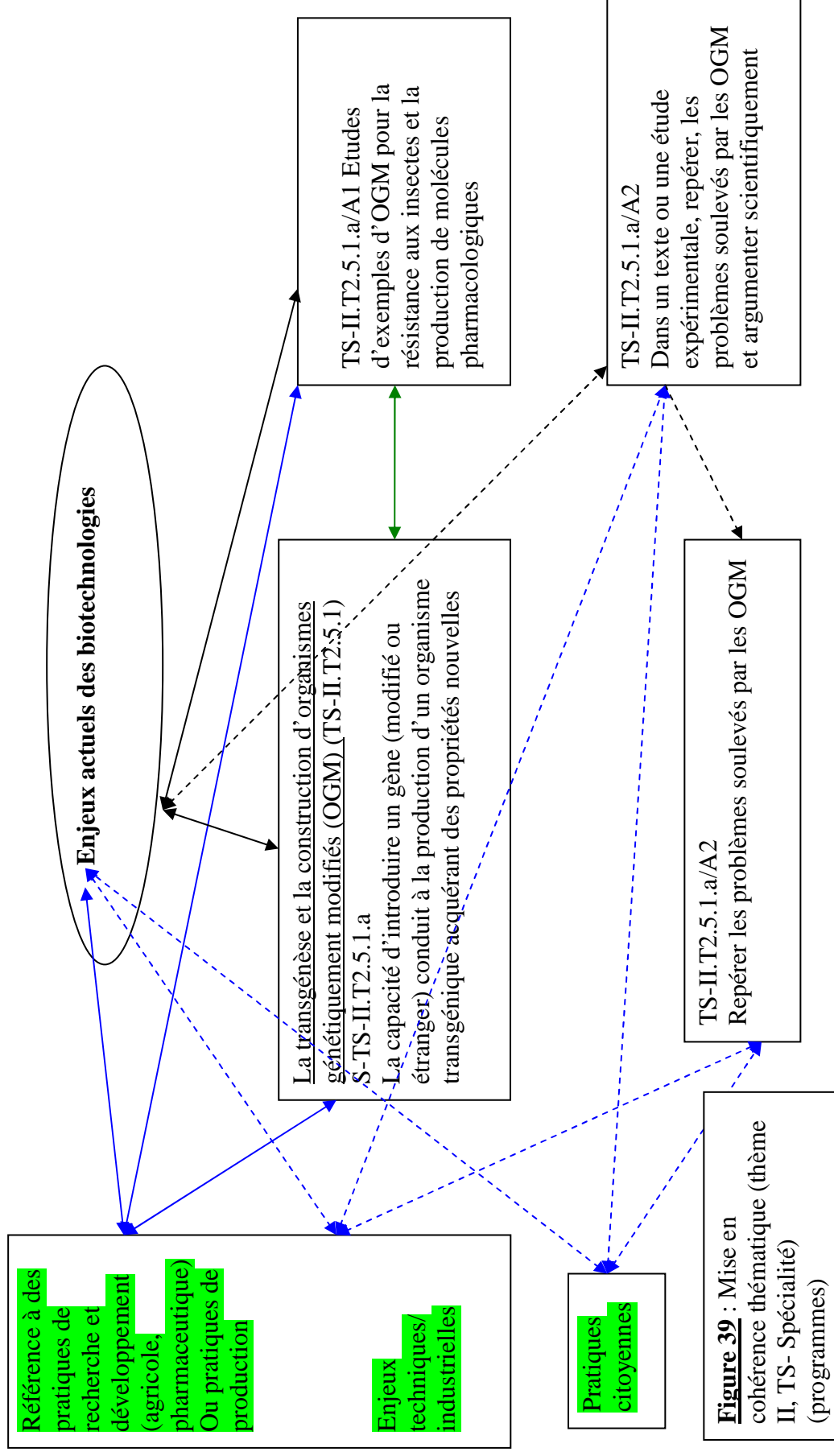
Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge



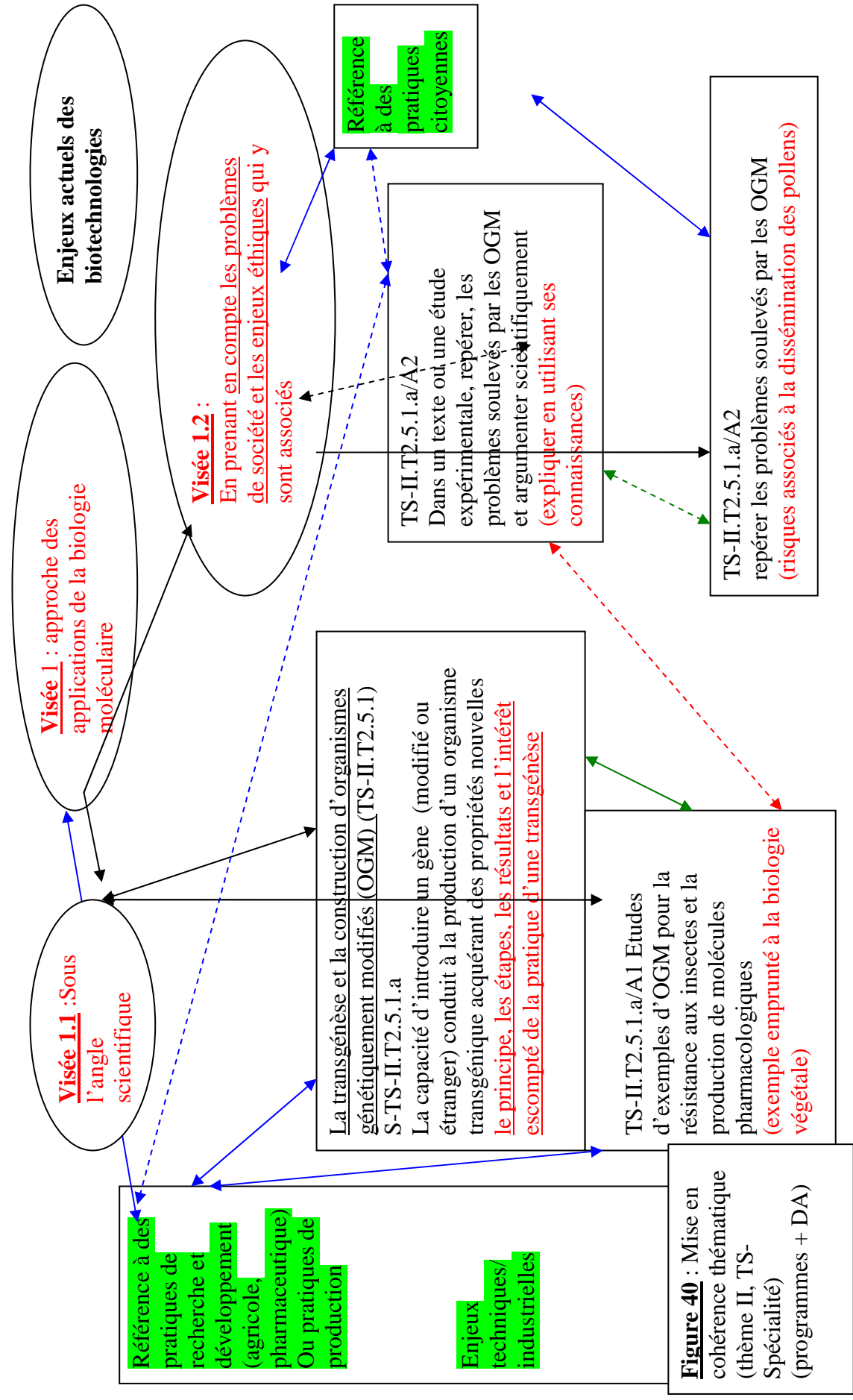


Figure 40 : Mise en cohérence thématique (thème II, TS-Spécialité) (programmes + DA)

3. Cohérences thématiques des savoirs, des tâches et des références de la sous-partie « La transgénèse et la construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) » (TS, thème II, spécialité)

Un examen des visées, des démarches d'enseignement et des références du thème 2 «Des débuts de la génétique aux enjeux actuels des biotechnologies » a été conduit dans la partie II (**figure 12**, p.112 du manuscrit).

Aucune visée ni démarche d'enseignement n'est explicitée pour le programme de terminale S-enseignement de spécialité.

Nous proposons dans la **figure 41** d'articuler les visées, références et tâches du thème 2, avec les visées, tâches, références de la sous partie « La transgénèse et la construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) »

Légende de la figure 41:

Références, savoirs et tâches explicités dans des rectangles

Visées et finalités explicités dans des bulles

Les **finalités** sont surlignées en jaune, les **références** en vert.

Double flèche bleue : mise en relation avec une référence

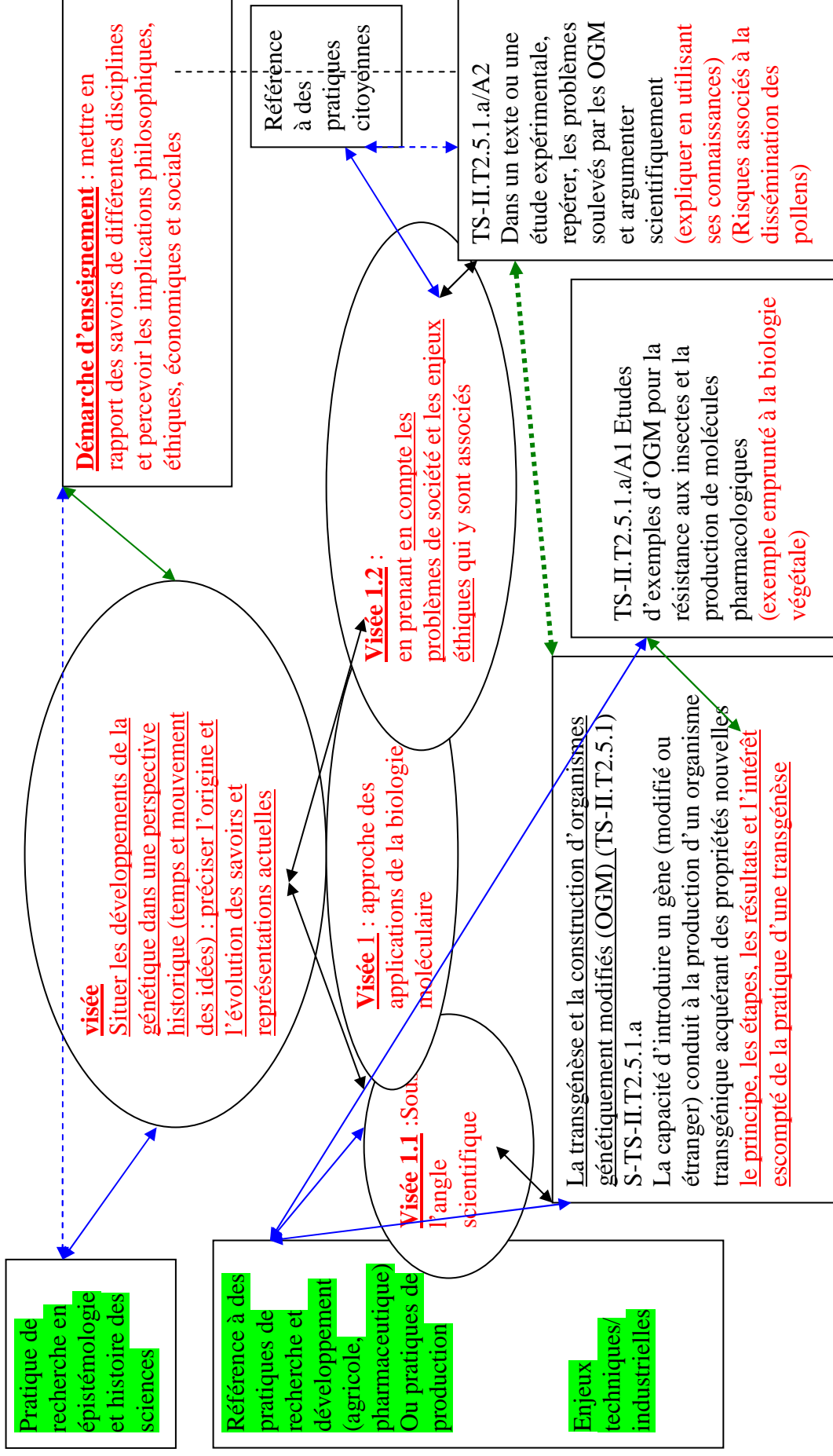
Double flèche noire : mise en relation des visées/ finalités avec les savoirs et les tâches

Double flèche verte : mise en relation des tâches avec des savoirs

L'épaisseur des flèches marque « la force » de la mise en relation. Les pointillés marquent une mise en relation possible.

Les énoncés issus exclusivement des documents d'accompagnement (DA) sont en rouge

Figure 41 : Mise en cohérence thématique des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse (thème II, TS- spécialité)



Commentaire de la figure 41 : mise en cohérence dans la partie et dans le thème des savoirs, tâches, visées et références

Le savoir de la sous-partie « La transgénèse et la construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) (TS-II.T2.5.1) » est mis explicitement en relation avec la tâche « Etudes d'exemples d'OGM pour la résistance aux insectes et la production de molécules pharmacologiques » afin d'établir le principe, les étapes, les résultats et l'intérêt escompté de la pratique d'une transgénèse, c'est-à-dire de répondre explicitement à la visée 1.1 : étude de la transgénèse sous l'angle scientifique. La mise en cohérence de ce savoir, cette tâche et cette visée est assurée par une référence commune à des pratiques de référence de recherche scientifique ou de recherche et développement dans l'industrie.

Une seconde mise en cohérence est assurée par la référence à des pratiques citoyennes entre la visée 1.2 « prendre en compte les problèmes de société et les enjeux éthiques qui y sont associés » et la tâche « Dans un texte ou une étude expérimentale, repérer, les problèmes soulevés par les OGM et argumenter scientifiquement ». Ce réseau de cohérence est plus faible car il n'inclut pas de façon explicite de savoir.

Ces deux réseaux répondent à la visée du thème : « se faire une représentation actuelle » des développements scientifiques en évoquant les aspects scientifiques et un des problèmes soulevés par les OGM.

La démarche d'enseignement proposée pour le thème peut correspondre à celle mise en œuvre dans la tâche du réseau de cohérence citoyenne « Dans un texte ou une étude expérimentale, repérer, les problèmes soulevés par les OGM et argumenter scientifiquement ».

Par contre, les réseaux de la sous partie ne sont pas mis en cohérence avec des pratiques de référence en histoire des sciences.

Les réseaux de visées, savoirs et tâches du thème et de la sous-partie ne sont pas mis en cohérence par les mêmes références. Par contre, il existe une **cohérence partielle entre les visées du thème et celles de la sous-partie et entre la démarche d'enseignement suggérée pour le thème et certaines tâches de la sous- partie.**

I. Proposition de principes de progressivité pour des notions et des tâches : exemple des unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse

Les unités d'analyse correspondant à des savoirs et à des tâches des classes de 3^{ème}, 2^{nde}, 1^{ère} ES, L et Terminale S spécialité ont été respectivement examinées.

Des principes de progressivité pour la notion de transgénèse incluse dans des unités d'analyse de savoir et dans des unités d'analyse correspondant à des tâches ont été identifiés en s'appuyant sur les caractérisations proposées respectivement pour les principes de progressivité des notions et des tâches dans la partie II (**tableaux 13 et 14**, p.122 et 123).

Des principes de progressivité sont proposés pour la notion de transgénèse après l'identification des notions associées à celle de transgénèse dans les énoncés. Sont également proposées des pratiques de référence, la caractérisation de l'association de la notion de transgénèse avec d'autres notions ou avec des énoncés. Cet examen des énoncés de savoir incluant la notion de transgénèse est consignée dans le **tableau 64**.

Des principes de progressivité pour les tâches sont proposés après identification dans les unités d'analyse correspondant à des tâches, des tâches, des objets et des pratiques de référence. Cet examen est proposé dans le **tableau 65**.

Tableau 64 : Proposition de principes de progressivité pour la notion de transgénèse dans les unités d'analyse correspondant à des savoirs

| Niveau | Unité d'analyse se référant à la transgénèse | Notions proposées | Principe d'association | Principe de progressivité Registre de formulation |
|------------------|---|--|---|---|
| 3 ^{ème} | <p>S-3-E-2.2.b</p> <p>Une <u>vigilance</u> à l'égard des prélèvements excessifs d'animaux et de végétaux, des modifications de milieu de vie ou du patrimoine génétique est nécessaire pour éviter de porter atteinte à la <u>biodiversité</u></p> | <p><u>Modification</u> du patrimoine <u>génétique</u></p> <p>Modification de milieu</p> <p>Vigilance</p> <p>Biodiversité</p> <p><u>Pratiques de référence</u> : pratiques citoyennes</p> | <p><u>Cause-effet</u> : modification du patrimoine génétique et biodiversité</p> <p><u>Société- pratique</u>: entre vigilance et modification du patrimoine génétique</p> | <p>entre 3^{ème} et 2^{nde}</p> <p>principe d'extension (approche citoyenne en rapport avec l'environnement en 3^{ème} et scientifique en 2^{nde} : permet de penser différents problèmes)</p> <p>+</p> <p>Principe d'association</p> |
| 2 ^{nde} | <p>S-2-B-II-2.a</p> <p>La <u>transgénèse</u> repose sur l'<u>universalité</u> de la molécule d'ADN en tant que <u>support</u> de l'<u>information génétique</u>.</p> | <p><u>Transgénèse</u></p> <p>Universalité de la molécule d'ADN</p> <p>Support de l'information génétique</p> <p><u>Pratiques de référence</u> : pratiques scientifiques</p> | <p><u>Transgénèse -Principe scientifique</u> de la technique</p> | <p>(transgénèse associée à son principe scientifique)</p> <p>+</p> <p>principe d'approfondissement (modification du patrimoine génétique => transgénèse)</p> |

| | | | | |
|----------------|---|--|---|--|
| 2nde | S-2-B-II -T2 Les organismes transgéniques en production industrielle (agroalimentaire, pharmaceutique...) | Organismes transgéniques Production industrielle <u>Pratiques de référence</u> : pratiques industrielles | Produit- pratiques de production (reposant sur transgénèse) | Principe d'extension (approche industrielle ou sociétale mais en rapport avec la santé) Principe de complication (implicite) Transgénèse- organismes transgénique Transgénèse- thérapie génique |
| 2nde | S-2-B-II -T3 Bioéthique : les thérapies géniques | Bioéthique Thérapie génique <u>Pratiques de référence</u> : pratiques citoyennes | Pratique médicale (reposant sur transgénèse)- société | Transgénèse- organismes transgénique Transgénèse- thérapie génique |
| 1ère ES | S-1ES -TO-2.1.2.e La <u>modification du génotype</u> d'un organisme par transgénèse , qui permet de produire de nouvelles protéines, repose sur l' <u>universalité du code</u> | Transgénèse Modification du génotype Production de protéine Universalité du code <u>Pratiques de référence</u> : pratiques scientifiques | <u>Transgénèse- principe technique- finalité de la technique</u> <u>Transgénèse - principe scientifique (approfondi)</u> | Par rapport à l'énoncé de 2 ^{nde} (programme) Principe d'approfondissement (/ principe scientifique) + principe d'association (/ principe technique, objet produit) |
| 1ère ES | S-1ES -TC-2.2.3.a Les recherches actuelles en biotechnologie des espèces forestières (<u>transgénèse</u> , conservation des ressources | Transgénèse Recherche en biotechnologie Conditions | <u>Intégrative</u> : Technique- recherche en biotechnologie <u>Pratique et finalité</u> | Par rapport aux énoncés de 3 ^{ème} /2 ^{nde} et 1 ^{ère} ES : Principe d'extension (approche industrielle (Recherche & |

| | | | | |
|--------------------------|--|---|---|---|
| | généétiques, interactions plantes/ micro-organismes) contribuent à améliorer les conditions d'exploitation et d'utilisation des forêts | d'exploitation et d'utilisation des forêts Pratiques de référence : pratiques sylvicoles | Technique- conditions | développement) en sylviculture) |
| 1^{ère} L | S-II-TC-2.1.2.e La modification du génotype d'un organisme par transgénèse, qui permet de produire de nouvelles protéines , repose sur l'universalité du code génétique | Transgénèse Modification du génotype Production de protéine Universalité du code <u>Pratiques de référence</u> : pratiques scientifiques | <u>Transgénèse</u> - principe technique- finalité de la technique <u>Transgénèse</u> - principe scientifique (<u>approfondi</u>) | Par rapport à l'énoncé de 2 ^{nde} (<u>programme</u>) Principe d'approfondissement (/ principe scientifique) + principe d'association (/ principe technique, objet produit) |
| Ts spé | <u>La transgénèse et la construction d'organismes génétiquement modifiés (OGM) (TS-II.T2.5.1)</u> S-TS-II.T2.5.1.a La capacité d' <u>introduire un gène</u> (modifié ou étranger) conduit à la production d'un <u>organisme transgénique</u> acquérant <u>des propriétés nouvelles</u> | Transgénèse OGM Introduire un gène Production OM Propriétés nouvelles <u>Pratiques de référence</u> : pratiques scientifiques/ (industrielles) | <u>Transgénèse</u> - principe technique <u>Transgénèse</u> -objet produit- propriétés | Par rapport à l'énoncé de 2 ^{nde} Principe d'association (transgénèse et principe technique, objet produit et ses propriétés) |
| Ts spé | TS-II.T2.5.2.b Un enjeu pour l'avenir : la thérapie | Thérapie génique somatique | Application médiale de la technique | Par rapport aux énoncés de 2 ^{nde} et de TS spé |

| | | | | |
|--|---|---|--------------|---|
| | <p><u>génique somatique</u> On peut pallier la déficience d'un gène par une thérapie génique somatique</p> | <p>Enjeu Pallier déficience d'un gène <u>Pratiques de référence</u> : pratiques médicales</p> | <p>enjeu</p> | <p>Principe de complication (thérapie génique/ thérapie génique somatique) Principe d'extension (approche médicale de la transgénèse) Principe d'association implicite (transgénèse- thérapie génique)</p> |
|--|---|---|--------------|---|

Commentaire du tableau 64 : principes de progressivité proposés pour rendre compte de la succession des unités d'analyse correspondant à des savoirs et incluant la notion de transgénèse

Quatre principes de progressivité ont été identifiés :

- le principe d'extension ;
- le principe d'approfondissement ;
- le principe d'association ;
- le principe de complication (implicite) ;
- le principe de différenciation (implicite).

Les principes d'extension, d'association, d'approfondissement et de complication sont mis en jeu dans les trois cursus pour assurer la progressivité de la notion de transgénèse.

Les principes de diversification et de catégorisation sont absents.

Le principe de différenciation est présent en TS-spécialité mais en relation avec un énoncé des documents d'accompagnement.

En seconde :

- extension de la notion de transgénèse (approche citoyenne et environnementale puis une approche scientifique) ;
- approfondissement par spécialisation du vocabulaire : passage de « modification du patrimoine génétique » à « transgénèse » ;
- association de la notion de transgénèse avec un de ses principes scientifiques : « l'universalité de la molécule d'ADN comme support de l'information génétique ».

Dans les thèmes au choix

- une éventuelle extension (approche industrielle ou citoyenne mais en rapport avec la santé) ;
- **une éventuelle complication** implicite de la notion de transgénèse par une mise en relation entre transgénèse et organisme transgénique et entre transgénèse et thérapie génique.

En première ES, L:

- approfondissement du principe scientifique énoncé en 2nde :

En première le principe scientifique sur lequel repose la transgénèse, « **l'universalité du code génétique** » est **plus précis que celui énoncé en seconde, « l'universalité de la molécule d'ADN comme support de l'information génétique » ;**

- **association** avec le principe technique, l'objet produit et ses propriétés;
- **une éventuelle extension** (sujet au choix) (approche industrielle en sylviculture) (uniquement en première ES).

En Terminale S :

- **association avec le principe technique et l'objet produit (comme en premières ES et L)** et avec le terme d'OGM ;
- **extension** (approche médicale) ;
- **complication** explicite entre thérapie génique (2nde) et thérapie génique somatique (TS spécialité) et **différenciation implicite** entre thérapie génique somatique et germinale (dans les documents d'accompagnement) ;
- **association** implicite entre thérapie génique et transgénèse (dans les documents d'accompagnement).

Tableau 65 : Principe de progressivité des tâches associées à la notion de transgénèse dans les unités d'analyse correspondant à des tâches

| Niveau | Unité d'analyse se référant à la transgénèse | Tâche/ outil/ objet d'étude | Principe de progressivité |
|---------------------|---|---|---|
| 2 ^{nde} | <p>A-2-B-II-2.a</p> <p>Analyse documentaire d'expérience de transgénèse</p> | <p><u>Tâche</u>= analyse documentaire</p> <p><u>Objet</u> = expérience de transgénèse</p> <p><u>Contexte</u> = recherche appliquée</p> <p><u>Pratique de référence</u> :</p> <p>Pratiques scientifiques (ou de recherche et développement ?)</p> | |
| 1 ^{ère} ES | <p>A-1ES-TO-2.1.2.e</p> <p>Analyse d'exemples de production de nouvelles protéines par transgénèse intraspécifique, ou interspécifique (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...)</p> | <p><u>Tâche</u> = analyse</p> <p><u>Objet</u> = exemple de production de nouvelles protéines (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...)</p> <p><u>Contexte</u> = production</p> <p><u>Type de transgénèse</u>= transgénèse intraspécifique ou interspécifique</p> <p><u>Pratique de référence</u> :</p> <p>Pratiques de production dans le secteur pharmaceutique</p> | <p><u>Par rapport à l'énoncé de 2^{nde}</u> :</p> <p>Principe d'extension-diversification (l'objet d'étude se réfère à d'autres pratiques de référence)</p> <p><u>Pour la tâche</u> : implicite (repérage principes scientifiques, technique, objet produit ?)</p> |

| | | | |
|---------------------|---|---|--|
| 1 ^{ère} ES | <p>DA-V-IES-TO-2.2.e</p> <p>Cette partie expose les bases génétiques indispensables pour aborder deux implications de la génétique dans la société actuelle : la transgénèse permettant ainsi d'ouvrir une réflexion sur les enjeux et limites de ces applications (organismes génétiquement modifiés)</p> | <p>Tâche = réflexion sur les enjeux et limites de ces applications (organismes génétiquement modifiés)</p> <p><u>Pratique de référence :</u></p> <p>Pratiques citoyennes</p> | <p>Par rapport aux énoncés de 2^{nde} et de 1^{ère} ES</p> <p>Principe de complication de la tâche : tâche plus ouverte</p> |
| 1 ^{ère} L | <p>A-1L-TC-2.1.2.e</p> <p>Analyse d'exemples de production de nouvelles protéines par transgénèse intraspécifique, ou interspécifique (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...)</p> | <p>Tâche = analyse</p> <p><u>Objet</u> = exemple de production de nouvelles protéines (hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...)</p> <p><u>Contexte</u> = production</p> <p><u>Type de transgénèse</u> = transgénèse intraspécifique ou interspécifique</p> <p><u>Pratique de référence :</u></p> <p>Pratiques de production dans le secteur pharmaceutique</p> | <p>Par rapport à l'énoncé de 2^{nde} :</p> <p>Principe d'extension-diversification (l'objet d'étude se réfère à d'autres pratiques de référence)</p> <p>Pour la tâche : implicite (repérage principes scientifique, technique, objet produit ?)</p> |
| TS spé | <p>TS-II.T2.5.1.a/A1 Etudes d'exemples d'OGM pour la résistance aux insectes et la production</p> | <p>Tâche = étude d'exemples</p> <p><u>Objet</u> = d'OGM pour la résistance aux</p> | <p>Par rapport à l'énoncé de 2^{nde} :</p> <p>Principe d'extension-</p> |

| | | | |
|--------------------|---|---|---|
| | de molécules pharmacologiques | insectes et la production de molécules Pharmacologiques <u>Contexte</u> = production <u>Pratique de référence</u> : Pratiques de production dans le secteur pharmaceutique et agricole | diversification (l'objet d'étude se réfère à d'autres pratiques de référence) <u>Pour la tâche</u> : implicite (repérage technique, objet produit) |
| TS spé | TS-II.T2.5.1.a/A2 Dans un texte ou une étude expérimentale, repérer, les problèmes soulevés par les OGM et argumenter scientifiquement | <u>Tâche</u> = repérer les problèmes ; argumenter scientifiquement <u>Objet</u> = les OGM <u>Pratique de référence</u> : Pratiques citoyennes | Par rapport aux énoncés de 2 ^{nde} et de TS spé : Principe de complication de la tâche : tâche plus ouverte |
| TS spéc | TS-II.T2.5.2.b/A Etude de documents sur la thérapie génique somatique | <u>Tâche</u> = étude de documents <u>Objet d'étude</u> = thérapie génique somatique <u>Pratique de référence</u> : Pratiques médicales ? | Par rapport aux énoncés de 2 ^{nde} et de TS spé Principe d'extension – diversification |

Commentaire du tableau 65 : proposition de principes de progressivité pour rendre compte de la succession des unités d'analyse correspondant à des tâches et incluant la notion de transgénèse

Deux principes ont pu être identifiés :

- le principe d'extension diversification ;
- le principe de complication.

Ces deux principes sont mis en jeu dans les trois cursus de façon similaire (en gras) avec quelques variations :

En 1^{ère} ES, L et TS spécialité par rapport à la seconde (aucune tâche n'est proposée en troisième :

- **extension- diversification** : l'objet d'étude se réfère à d'autres pratiques de référence que celle sélectionnée en 2^{nde} (pratique de recherche scientifique (génie génétique)) :
 - en 1^{ère} ES et L : pratiques de production dans le domaine agro-alimentaire et pharmaceutique par transgénèse inter et intra spécifique de nouvelles protéines (**hormone de croissance, insuline, facteur de coagulation...**)
 - **en TS : exemples** d'OGM pour la résistance aux insectes et la production de molécules pharmacologiques ; thérapie génique
- **complication** : la tâche proposée est plus ouverte (sur les OGM repérer les problèmes, argumenter scientifiquement en TS) (éventuellement réfléchir sur les enjeux et limites des OGM, documents d'accompagnement en 1^{ère} ES) par rapport aux autres tâches proposées qui se limitent à des analyses de documents. Cette tâche s'inscrit en référence à des pratiques citoyennes.

J. Exemples de continuités, de discontinuités et de ruptures pour les différents cursus (cf. Tableau 15, p.126 du manuscrit)

1. Présence dans les différents niveaux d'unités d'analyse se référant à des pratiques de transgénèse et principales pratiques de référence sélectionnées

Afin d'identifier des continuités ou des ruptures dans la prise en charge de la notion de transgénèse par l'ensemble des programmes du secondaire, nous avons élaboré le **tableau 66** indiquant le nombre d'unité d'analyse correspondant à des savoirs et à des tâches et les pratiques de références proposées.

Des continuités ou ruptures en termes de présence/ absence de la notion ou des tâches ainsi qu'en termes de sélection de pratiques de référence ont été identifiées.

Tableau 66 : Présence de la notion de transgénèse dans les unités d'analyse correspondant à des savoirs et à des tâches et rappel des propositions de pratiques de référence

| | 3 | 2 | 1L | 3 | 2 | 1ES | 3 | 2 | 1S | TS | TS-spe |
|---|------------|------------------------------|-----|------------|------------------------------|-----|------------|------------------------------|----|----|-------------------|
| Nombre de savoirs incluant la transgénèse | 1 | 1 2T | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | | | 2 |
| Pratique sociale de référence proposée | 4.1 4.2 | 1.6 T : 3.2/3.3 2.3 | 1.6 | 4.1 4.2 | 1.6 T : 3.2/3.3 2.3 | 1.6 | 4.1 4.2 | 1.6 T : 3.2/3.3 2.3 | | | 1.6 ou 3.1 |
| Nombre de tâches incluant la transgénèse | | 1 | 1 | | 1 | 1+1 | | 1 | | | 3 |
| Pratique sociale de référence proposée | | 1 ou 3.1 | 3.2 | | 1 ou 3.1 | 3.2 | | 1 ou 3.1 | | | 3.2 3.3 2.3 |

La codification des pratiques sociales est celle utilisée dans la grille d'analyse (tableau 36, p.231)

Commentaire du tableau 66 : enseignement de la notion de transgénèse sur l'ensemble du cursus

Continuité, discontinuité et rupture des unités d'analyse correspondant à des savoirs

Une certaine continuité de la présence de la notion de transgénèse dans les différentes filières

La notion de transgénèse est présente dès le premier cycle en 3^{ème}. Au lycée générale, présente dans le programme de 2^{nde}, elle est reprise dans les programmes de 1^{ère} L et ES mais pour la filière scientifique elle n'est reprise que pour ceux qui prennent SVT en spécialité.

Entre rupture et continuité pour les pratiques de référence sélectionnées

Les unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques de transgénèse et appartenant à des parties obligatoires de programme se réfèrent soit à des pratiques scientifiques soit à des pratiques citoyennes (codées 1 ou 4).

Une rupture dans les références pour les unités de savoir entre le collège et le lycée

Le collège privilégie la référence à des pratiques citoyennes.

Le lycée privilégie la référence à des pratiques scientifiques

Pour le lycée, une certaine continuité dans la sélection des pratiques de référence pour les unités d'analyse de savoir incluant la notion de transgénèse : une explicitation de la notion de transgénèse en référence à des résultats de pratiques de recherche.

Diversification des références pour les parties optionnelles

Des références à des pratiques médicale, industrielle, sylvicole sont proposées pour les unités d'analyse de savoir dans le cadre de parties de programme au choix (thèmes au choix en seconde) ou en option (enseignement de spécialité en TS).

Continuité, discontinuité et rupture des unités d'analyse correspondant à des tâches

Aucune proposition de tâche au collège en association à l'unité de savoir.

Par contre pour le lycée, des tâches sont systématiquement proposées en association avec les unités d'analyse de savoir.

Une discontinuité dans les pratiques de référence sélectionnées pour les tâches entre la seconde et les classes de 1^{ère} et de terminale

Si en seconde nous avons proposé comme pratique de référence pour la tâche associée au savoir des pratiques scientifiques de génie génétique classique ou éventuellement de recherche et développement en raison de la présence de la formule « expérience de transgénèse », les tâches des classes de 1^{ère} et de terminale se réfèrent explicitement par le choix des objets par l'emploi du terme production, à des pratiques de production de protéines en secteur pharmaceutique, de production sylvicole ou agricole et à des pratiques médicales innovantes (thérapie génique).

Il existe donc une discontinuité entre les pratiques de référence limitées pour la classe de seconde (programme obligatoire) et celles plus larges des classes de 1^{ère} et de Terminale.

Des différences entre filières :

Les pratiques de référence sélectionnées sont plus variées pour les TS spécialité que pour les 1^{ères} ES et L : référence aux trois types de pratiques en TS spécialité.

La première L est la filière pour laquelle la sélection de pratiques de référence a été la plus réduite puisqu'elle se limite aux pratiques de production de protéines dans le secteur pharmaceutique.

La première ES fait figure d'intermédiaire puisque outre une référence à des pratiques de production de protéines dans le secteur pharmaceutique, une tâche d'un thème en option se réfère à des pratiques de production sylvicole.

Sélection pour les trois filières de pratiques de référence communes : les pratiques de production de protéines dans le secteur pharmaceutique.

Sélections spécifiques pour les thèmes en option et l'enseignement de spécialité :

- sélection spécifique pour la 1^{ère} ES des pratiques de production sylvicole (pour un thème en lien avec l'économie et la gestion d'une ressource biologique, la forêt, thème d'ouverture par rapport aux disciplines de cœur de la filière ES dont notamment l'économie) ;
- sélection spécifique pour la TS- spécialité de pratiques de production agricole (OGM résistants aux insectes), de pratiques citoyennes (un problème : celui de la dissémination des pollens) et de pratiques médicales (la thérapie génique).

Remarque

Les références aux OGM sont limitées (thème au choix en seconde et terminale S spécialité). Par ailleurs, pour la terminale S spécialité, deux types d'OGM sont explicitement cités, les OGM pour la résistance aux insectes (végétal) et pour produire des molécules pharmacologiques.

La distinction entre organismes génétiquement modifié et organismes transgéniques (cités en 1^{ère} ES et L) n'est pas explicitée.

2. Présence dans les différents niveaux des unités d'analyse correspondant à des savoirs se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision

Afin d'identifier des continuités, des discontinuités ou des ruptures dans la prise en charge des unités d'analyse de savoir se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision par l'ensemble des programmes du secondaire, nous avons élaboré **le tableau 67** indiquant le nombre d'unité d'analyse correspondant à ces savoirs et leur mode d'insertion aux réseaux notionnels, thématiques.

Des continuités, des discontinuités ou des ruptures en termes de présence/ absence des unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision ont été identifiées ainsi que des continuités, des discontinuités ou des ruptures en termes de mode d'insertion dans les réseaux notionnels et thématiques.

Tableau 67 : Nombre d'unités d'analyse correspondant à des savoirs et se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision, modes d'insertion dans les réseaux notionnels ou thématiques

| | 3 | 2 | 1L | 3 | 2 | 1ES | 3 | 2 | 1S | TS | TS-spe |
|---|---|----------------|----|---|----------------|-----|---|----------------|----|----|--------|
| Nombre d'unités d'analyse correspondant à des savoirs et se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision | 2 | 0 DA | 6 | 2 | 0 DA | 5 | 2 | 0 DA | 9 | 4 | |
| Mode d'insertion dans le réseau notionnel (3 ^{ème} /2 ^{nde} /1 ^{ère} ES et L) | P | T | I | P | T | I | P | T | | | |
| Mode d'insertion dans le réseau thématique (1 ^{ères} S et TS) | | | | | | | | | IF | I | |
| Mode d'insertion dans le réseau de cohérence thématique | G | T | CF | | T | CF | | T | CF | C | |

Légende du tableau 67 :

Mode d'insertion dans le réseau notionnel :

P : notion périphérique (les notions des unités d'analyse ne sont pas centrales dans le réseau, et ne sont mises en relation qu'avec un nombre limité de notions centrales)

T : en tension (les unités d'analyse du programme et des documents d'accompagnement ne se réfèrent pas à des résultats de pratiques de recherche s'inscrivant dans la même vision)

I : centrale/intégration des notions des unités d'analyse au cœur du réseau notionnel (notions présentant de nombreuses mises en relation)

Mode d'insertion dans le réseau thématique (1ères S et TS)

I F: présence des unités d'analyse dans tous les thèmes, au sein des thèmes, articulation des parties des thèmes contenant les unités d'analyse avec les autres parties en complémentarité autour d'un même objet d'étude

I : présence des unités d'analyse dans certains thèmes du programme des sciences de la vie, articulation des parties des thèmes contenant les unités d'analyse avec les autres parties en complémentarité autour d'un même objet d'étude

Mode d'insertion dans le réseau de cohérence thématique : Existence/Masquage/Greffage

G : greffage (les unités d'analyse ont leur référence mais répondent à des visées secondaires)

T : insertion en tension des différentes notions en tension dans le réseau notionnel dans des réseaux de cohérence différents eux-mêmes en tension

C : cohérence entre certaines visées, tâches, références du thème et les visées, tâches et références des parties contenant les unités d'analyse

CF : cohérence entre les visées, tâches, références du thème et les visées, tâches, références des parties contenant les unités d'analyse

Commentaire du tableau 67 :

Une rupture dans la prise en charge des unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision entre la 2^{nde} et les classes de 1^{ère}

En troisième ces unités d'analyse, peu nombreuses, sont périphériques dans le réseau notionnel et greffées dans le réseau de cohérence thématique. En seconde, absentes des programmes, des énoncés des documents d'accompagnement mettent en tension les unités d'analyse se référant à des résultats de pratiques de génétique du développement inscrites

dans une vision informationnelle avec des résultats de pratiques de génétique du développement inscrites dans la nouvelle vision.

Au contraire en 1^{ère}, les notions des nombreuses unités d'analyse se référant à ces pratiques, sont au cœur des réseaux notionnels, appartiennent aux réseaux de cohérence thématiques, voire en 1^{ère} S sont au cœur du réseau thématique du programme.

En terminale, moins nombreuses, ces unités d'analyse sont néanmoins intégrées au réseau des parties de chaque thème et appartiennent aux réseaux de cohérence thématique et programmatique.

Rupture de prise en charge de ces unités d'analyse accompagnée par la rupture paradigmatique d'inscription paradigmatique des contenus des programmes constatée entre la 2^{nde} et la 1^{ère} :

Lors de l'analyse de l'inscription paradigmatique des programmes dans la vision informationnelle ou dans la nouvelle vision (**tableau 10** Partie II, p.101), nous avons constaté une rupture entre les contenus des programmes de 3^{ème} et de seconde plutôt inscrits dans la vision informationnelle et les contenus des programmes de 1^{ère} et de Terminale plutôt inscrits dans la nouvelle vision.

La rupture dans la prise en charge des unités d'analyse se référant à des pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision est doublée par une rupture de l'inscription paradigmatique des contenus des programmes

III. Discussion des résultats et de leur analyse

A. Discussion des méthodologies et démarches mises en œuvre

1. Pour proposer des pratiques de référence

De nombreux choix subjectifs à objectiver par l'explicitation de critères

Le codage des unités d'analyse du corpus d'analyse :

La méthodologie mise en œuvre pour caractériser par une pratique de référence (codage) chacune des unités d'analyse du corpus d'analyse, présente de nombreux aspects subjectifs.

- **La constitution du corpus d'analyse et la définition des unités d'analyse**

La constitution du corpus d'analyse a nécessité d'identifier, pour l'ensemble des programmes, les énoncés relevant d'un enseignement de génétique. Pour se faire, nous avons retenu tout énoncé se rapportant à l'une des pratiques de recherche en génétique recensées et caractérisées par leur finalité dans le **tableau 22** (annexes partie III, p.64) et par leurs objets d'étude, les ressources matérielles et intellectuelles mises en œuvre dans les **tableaux 28 à 42** des annexes de la partie III (p.98 à 157).

Nous avons retenu « génétique » dans un sens large, incluant notamment tous les énoncés se référant à l'établissement d'un phénotype à travers les différents niveaux d'organisation, énoncés qui ne font pas tous référence au lien avec le génotype (exemple énoncés sur l'établissement du phénotype diabétique, **tableau 61** des annexes de la Partie IV, S-1S-SV-3.a en 1^{ère} S, p.242).

Nous avons, par ailleurs, exclu les énoncés se rapportant aux propriétés enzymatiques des protéines (programmes de 1^{ère} S, ES, et L) mais inclus ceux qui mettent en lien l'activité enzymatique et la réalisation des phénotypes.

Ces choix sont étroitement liés à notre volonté de repérer si des énoncés se référant à des pratiques de recherche inscrites dans la nouvelle vision étaient ou non présents dans les programmes.

En outre, une fois les énoncés repérés, ils ont été découpés en unités d'analyse thématique. Ont été mis ensemble les énoncés relevant de notre point de vue d'un même thème. Des découpages sensiblement différents auraient pu être faits, modifiant le nombre d'unité d'analyse et éventuellement l'importance relative des références sélectionnées. Il nous semble que ces variations ne modifient pas fondamentalement le type de résultats obtenus en termes de type de pratiques sélectionnées, dans la mesure où chaque unité d'analyse a été, si nécessaire, caractérisée par plusieurs pratiques de référence.

- **Le codage des unités d'analyse**

Le codage des unités d'analyse ou la proposition pour chacune d'entre elles de l'associer à une sous-dimension de la grille d'analyse, c'est-à-dire à une pratique de référence, s'est appuyé sur les tableaux de caractérisation des différentes pratiques établis dans la partie III (**tableaux 28 à 42** des annexes de la partie III, p.98 à 157). Ce travail reste pour une grande part subjectif, dans la mesure où comme nous l'avons pointé chaque unité d'analyse ne se réfère à une pratique que par un nombre limité de caractéristiques. C'est pourquoi nous avons retenu la formulation de « proposition ».

Le problème des références à des pratiques scolaires

Un certain nombre d'unité d'analyse, notamment des tâches se réfèrent à des pratiques scolaires. C'est le cas, par exemple en 3^{ème} : « *manipulation de maquette afin de rendre compte de l'évolution des chromosomes lors de la formation des gamètes* » (**tableau 51** des annexes de la partie IV, p.205).

Le plus souvent, les tâches, si elles se réfèrent pour leurs objets ou leurs outils à des pratiques de référence non scolaires, se réfèrent pour la tâche elle-même à des ressources méthodologiques transversales comme *comparer, s'informer, analyser un document* qui peuvent être considérées comme des références scolaires. A l'exception des cas où l'unité d'analyse ne se réfère uniquement qu'à une pratique scolaire, nous avons privilégié pour le codage les pratiques sociales relevant de notre étude et auxquelles se réfèrent les objets ou les outils.

2. Pour proposer des caractéristiques de références

Les **tableaux 57 à 62** des annexes de la partie IV (p.231 à 250) proposent, pour chaque unité d'analyse relevant de pratiques pertinentes pour notre étude, des caractéristiques qui ont plus particulièrement été sélectionnées comme référentielles. Ces propositions, bien que s'appuyant sur les caractéristiques identifiées pour les différentes pratiques et explicitées dans les **tableaux 28 à 42** des annexes de la partie III (p.98 à 157) et justifiées par le repérage d'éléments y correspondant dans les unités d'analyse, restent fortement subjectives.

3. Pour proposer des réseaux notionnels, thématiques, des mises en cohérence thématique, programmatique, des principes de progressivité ou des continuités, discontinuités ou ruptures

Des propositions

Les démarches mises en œuvre reposent sur l'interprétation explicitée et justifiée des textes de programmes et des documents d'accompagnement. Il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'une lecture possible de ces textes officiels et semi-officiels et que les modes d'agencement que nous avançons ne constituent que des propositions.

Intérêt et limite des documents d'accompagnement pour cette étude : préciser l'interprétation des programmes au prix de la disparition de certaines de leurs incomplétudes

Pour examiner les modes d'agencement programmatiques des notions et unités d'analyse, nous avons souvent eu recours aux énoncés des documents d'accompagnement.

Les documents d'accompagnement infléchissent parfois, complètent souvent, les savoirs, les tâches, les visées et les finalités explicités dans les programmes.

Or pour Lebeaume (2008b), les incomplétudes peuvent constituer une caractéristique des programmes. En effet, « *les programmes nationaux qui définissent et orientent l'enseignement*

sont également marqués par leur incomplétude qui offre des espaces d'initiatives pour les adaptations locales au gré des contextes et des élèves » (Lebeaume, 2008b, p.193).

Ainsi, la prise en compte des documents d'accompagnement, si elle permet une interprétation « plus précise » des programmes, masque une partie de l'incomplétude présente dans les SVT « en directives » et donc les espaces d'initiatives offerts aux enseignants. Certains de ces espaces ont pu être repérés lors du codage des unités d'analyse par la proposition de références possibles.

Afin de montrer la différence possible dans les interprétations, nous avons parfois proposé deux modes d'agencement, l'un se limitant aux programmes, l'autre prenant en compte les documents d'accompagnement. Nous avons, par ailleurs, toujours pris soin d'indiquer quels étaient les apports spécifiques des documents d'accompagnement (représentés en rouge) par rapport à ceux des programmes.

B. Discussion des sélections de référence opérées et des modes d'agencement retenus pour les SVT « en directives »

1. Des pratiques absentes... mais des pratiques contribuant à faciliter leur appréhension présentes

Les pratiques de recherche scientifiques en génomique et en post-génomique n'ont pas été sélectionnées comme référence pour les contenus et visées des programmes de SVT.

La caractérisation de ces pratiques (partie III, **tableaux 28 à 30** des annexes de la partie III, p.98 à 105) a montré qu'il s'agissait de pratiques complexes.

Les ressources matérielles mettent en jeu des techniques de haute technologie nécessitant pour leur fonctionnement une informatique de gestion spécifique. Le coût de ces ressources reste prohibitif. Elles sont donc inaccessibles pour les établissements d'enseignement secondaire.

Les ressources intellectuelles mobilisées sont issues de nombreuses autres pratiques de génétique qui mobilisent des notions sur l'ADN, les gènes, les chromosomes, l'expression de l'information génétique, etc....

Or de nombreuses études de didactiques (Lewis, Leach & Wood-Robinson, 2000a, b, c, d, e ; Marbach-Ad & Stavy, 2000 ; Marbach-Ad, 2001 ; Bahar, Johnstone & Sutcliffe, 1999 ; Rumelhard, 1986), portant sur l'apprentissage de la génétique ou l'évolution des représentations des élèves, ont montré qu'il s'agissait d'un domaine dont l'enseignement s'avérait particulièrement difficile. Ces auteurs pointent des confusions entre information génétique, gène, chromosome, ADN. Par ailleurs, ces notions qui devraient se définir à la fois par des aspects structuraux et fonctionnels ne sont souvent associées qu'à un seul de ces deux aspects (Marbach-Ad, 2001).

Pour l'ADN et le gène, des réponses fonctionnelles sont obtenues :

- l'ADN est associé au flux d'information entre générations ;
- le gène est associé au flux d'information au sein d'un organisme (le gène est responsable/ détermine/ code un caractère).

Parfois un lien est établi entre ADN et caractère ou ADN et protéine.

Le chromosome est associé à une définition structurale. Par ailleurs, la compréhension de l'expression de l'information génétique, et de la part du génotype dans l'établissement d'un phénotype s'inscrit le plus souvent dans une vision informationnelle.

Enfin, les modalités de transmission de l'information génétique lors du développement d'un individu ou lors de la reproduction sexuée s'avèrent difficiles à comprendre, notamment en ce qui concerne leur impact sur l'information génétique.

La prise en considération des difficultés repérées de l'enseignement de la génétique souligne l'importance, pour comprendre les pratiques relevant de la génomique et de la post-génomique, de maîtriser les résultats de génétique qui sont mobilisés par ces pratiques.

Enfin, un certain nombre de biologistes souligne la coupure entre la masse immense de données récoltée dans le cadre des pratiques de génomique et de post-génomique et le sens biologique.

La prise en compte de l'ensemble de ces éléments montre que si la prise en charge par les programmes du secondaire de la génomique et de la post-génomique constitue une gageure, la

prise en charge de pratiques contribuant à faciliter leur appréhension peut, quant à elle, constituer une première réponse¹.

2. Les sélections de référence opérées pour les contenus et les visées et leur mode d'agencement ne rendent que partiellement compte des pratiques

a. **Une référence importante : les pratiques de recherche scientifique**

La majorité des savoirs, des tâches et des visées des SVT « en directives » que nous avons analysés se réfèrent à des pratiques de recherche scientifique, confirmant le constat de Ginsburger-Voger² selon lequel ces pratiques constituent pour les disciplines scolaires assurant l'enseignement du vivant une référence traditionnellement forte.

Ces pratiques constituent une référence d'autant plus forte qu'elles permettent la mise en cohérence thématique et programmatique des savoirs, tâches et visées.

Pour ces pratiques, les caractéristiques retenues sont essentiellement les finalités, les objets d'étude, les résultats, les ressources matérielles et intellectuelles. Par contre, le mode d'organisation de la recherche, le statut de la science, les problèmes et les enjeux scientifiques, par exemple, ne sont, eux, jamais retenus comme référence.

La question de la mise en correspondance

La comparaison des pratiques de recherche scientifique pertinentes pour notre étude et des contenus élaborés en référence suggère une mise en correspondance qui valorise les résultats, les ressources matérielles, les ressources intellectuelles (les démarches notamment) et les objets d'étude des pratiques scientifiques. Les caractéristiques, objets de tension, comme la

¹ Ainsi en 3^{ème}, Coquidé & Fuchs-Gallezot (2006, 2007) ont montré la nouveauté de la prise en charge par les contenus des programmes mis œuvre en 1999 de références à des résultats issus de pratiques de recherche s'inscrivant dans la nouvelle vision.

² Citée p.135 dans ASTOLFI, J-P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y., TOUSSAINT, J. (1997). Mots-clés de la didactique de sciences. Repères, définitions, bibliographie. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.

réorganisation de la recherche, de ses modes de financement, le statut de la science dans la société, son caractère social et ses problèmes ne pas évoquées.

b. Des références suivies : les pratiques médicales et les pratiques citoyennes

Les pratiques médicales

La sélection de pratiques médicales est constante pour l'ensemble des cursus de SVT « en directives ». Essentiellement sélectionnés en référence à leurs finalités, leurs ressources matérielles, les nouveaux modes d'organisation de la médecine, les problèmes et les enjeux médicaux n'apparaissent pas comme des caractéristiques référentielles majeures, à l'exception des enjeux médicaux de la thérapie génique en Terminale scientifique.

Pour les unités d'analyse examinées, aucune mise en cohérence de savoirs, tâches et visées n'a été observée sur une référence médicale. Elles sont associées soit à des visées scientifiques, soit à des visées citoyennes.

La mise en correspondance des ces contenus avec les pratiques médicales nous semble du coup limitée à certains de leurs aspects scientifique ou citoyen (éthique en général).

Les pratiques citoyennes...

..Une mise en cohérence alternative

Au contraire, les pratiques citoyennes, sélectionnées le plus souvent pour des tâches, permettent une mise en cohérence alternative, renforcée par l'explicitation de finalités citoyennes, de savoirs se référant davantage à des pratiques de recherche scientifique.

...Une référence à une citoyenneté rationnelle.

Pour ces pratiques sont retenues comme caractéristiques des ressources intellectuelles (argumentation scientifique, identification d'enjeux, explication de choix) qui laissent peu de place aux convictions intimes.

En se référant aux deux profils de citoyenneté esquissés par Tutiaux-Guillon (2006) (récapitulés dans le **tableau 78** des annexes de la partie IV, p.319) qui s'inscrivent en cohérence avec les deux matrices idéologiques proposées par Sachot pour l'éducation à la citoyenneté (**Tableau 4** de la Partie I, p.50), il apparaît que les SVT « en directives » se réfèrent à une citoyenneté rationnelle ou « exclusive » dont l'éducation « [...] *est centrée sur le développement de l'esprit critique et de la raison* » (Sachot). Les valeurs et les identités sont celles de l'intérêt général (cf. visées de la Partie E du programme de 3^{ème}, **tableaux 66** des annexes de la partie IV, p.271). Nulle part, il n'est fait allusion aux identités vécues de l'élève à ses valeurs (citoyenneté adhésion).

Tutiaux-Guillon (2006) pointe qu'en Europe se développe une conception de la citoyenneté fondée davantage sur les compétences que sur les identités : « *la démocratie y est pensée comme un mode pacifique de résolution des conflits qui naissent de la pluralité, un système politique qui fait du désaccord son mode de fonctionnement* ».

Du point de vue des tâches, il s'agit certes d'argumenter, mais selon son point de vue afin de participer à des débats publics. Pour elle, ces compétences sont au cœur d'une éducation citoyenne.

Cette tension repérée pour l'éducation citoyenne assurée par les enseignants d'histoire géographie, existe aussi pour l'éducation citoyenne en sciences.

Certains auteurs, comme Barma (2007), explicitent les finalités d'une perspective sociétale d'éducation aux sciences. Envisager **l'éducation aux sciences dans une perspective sociétale** c'est en attendre qu'un plus grand nombre de citoyen puisse jouer leur rôle au sein d'une société fortement marquée par les technosciences.

Cet objectif de former de futurs citoyens aux sciences « *devrait favoriser le développement de l'action sociale, encourager la participation citoyenne aux controverses socio-techniques et sensibiliser les citoyens aux concepts théoriques et aux processus de recherche sous-jacents à la production des savoirs scientifiques* » (Barma, 2007). Il permet d'inscrire l'éducation aux sciences dans une **vision démocratique, en référence à une citoyenneté ni rationnelle, ni d'adhésion mais fondée sur le débat.**

Pour Tutiaux-Guillon (2006), « *Changer de citoyenneté reviendrait à passer d'un enseignement fondé sur la vérité et l'autorité à un enseignement fondé davantage sur le débat et la négociation de sens.* »

Une restriction des questions de société à évoquer

Les programmes insistent sur les aspects éthiques des pratiques médicales et industrielles, sans préciser les thèmes de réflexion. Cette incomplétude offre une certaine liberté et ouvre sur la diversité des questions éthiques ou sociétales associés à ces pratiques.

Au contraire, les documents d'accompagnement en proposant des thèmes qui permettent un réinvestissement des connaissances scientifiques acquises, nous semble restreindre la richesse de ces questionnements à la conduite d'une réflexion fondée sur les connaissances scientifiques acquises.

Pour la médecine prédictive en 1^{ère} Economique et Sociale et en 1^{ère} Littéraire, il s'agit de réfléchir sur les prédictions qui peuvent être faites à partir des résultats des tests génétiques.

Pour les OGM résistant aux insectes en Terminale Scientifique, il s'agit de réfléchir aux conséquences de la dissémination des pollens.

Par ailleurs, ces propositions de thèmes précis limitent la réflexion et appauvrissent la référence aux débats socio-techniques associés à ces objets³.

En effet, ces débats sont associés à une grande diversité de références, de savoirs, de valeurs, de mode de résolution dans la société non pris en compte par les SVT « en directives » pour l'enseignement des questions socialement vives. « *Ceci soulève des questions sur la légitimité d'une approche disciplinaire. Qu'ont les disciplines à apporter à l'étude des questions socialement vives ? et donc interroge aussi l'identité des disciplines elles-mêmes et leurs relations aux « éducation à* »(Albe, 2009, p.68).

La question de la mise en correspondance

Les finalités citoyennes sont explicitées dans les programmes quasiment pour tous les niveaux, à l'exception de la Terminale Scientifique où elles sont uniquement dans les documents d'accompagnement.

Une mise en correspondance possible des contenus des SVT « en directives » avec des pratiques citoyennes semble donc constituer une des perspectives de la discipline scolaire. La reprise des différents éléments, discutés précédemment, suggère une mise en correspondance

³ Gallezot & Coquidé, 2008.

restreinte avec une citoyenneté « rationnelle ». Les programmes et les documents d'accompagnement, en fondant toute réflexion sur les connaissances scientifiques peuvent renforcer l'image d'une science neutre, arbitre des débats, au détriment d'une science en évolution partie prenante des débats.

Par ailleurs, le nombre limité d'objets pris comme objet de questionnement citoyen et la suggestion pour ces objets de type de questionnement restreint la mise en correspondance possible.

c. Des références d'ouverture : les pratiques de production industrielle, agricole, etc...

Des références de filière qui assurent une ouverture

Ces pratiques de référence sont sélectionnées exclusivement pour les filières ES et L et pour le programme de spécialité de TS. Cette sélection est cohérente pour les filières ES et L, avec la catégorisation de l'enseignement scientifique « en directives », proposée pour ces filières, parmi les disciplines scolaires d'ouverture.

Ces références ont été essentiellement sélectionnées pour des tâches. Dans le cas de la transgénèse, ces tâches s'inscrivent dans des réseaux mis en cohérence par une référence à des pratiques scientifiques. Si les références à des pratiques de production industrielle ne sont pas absentes, elles ne sont pas fondatrices. Ces tâches et leurs références apparaissent comme greffées à ces réseaux de cohérence scientifique et proposent une ouverture.

La question de la mise en correspondance

Dans le cas des premières L et ES, ces tâches se référant à des pratiques industrielles, les savoirs associés qui contiennent la notion de transgénèse et qui se réfèrent à des pratiques scientifiques sont mis en cohérence, nous seulement dans le réseau de cohérence scientifique que nous venons d'évoquer mais également dans un réseau de cohérence fondé sur une référence à des pratiques citoyennes.

Martinand indique qu'il « [...] *semble difficile de rapporter des activités scolaires à plusieurs pratiques de référence simultanées. Certaines conditions de cohérence des activités sont donc liées au choix d'une référence dominante, sinon exclusive.* »⁴ Pour lui, « *il en semble pas possible de prendre à la fois et également plusieurs références : exclusions et différenciations doivent donc être explicites* » (Martinand, 1986, p.138).

La mise en relation de savoirs et de tâches ne relevant pas de mêmes pratiques au sein de réseau de cohérence fondé soit sur la référence scientifique du savoir, soit sur une référence citoyenne, pose la question du sens et de la mise en correspondance possible pour les élèves de ces contenus avec ces différentes pratiques.

Sélection d'aspects relativement consensuels de ces pratiques

Nous avons également noté que seuls les finalités, les objets produits et le principe des techniques de production étaient retenus en tant que référence. Le mode d'organisation industriel, les modalités techniques de production, les savoirs spécifiques, les problèmes de production, les enjeux de production ne pas retenus.

Parmi les objets et les techniques, seuls certains objets et certaines techniques sont sélectionnés. La technique retenue est la transgénèse. Les objets produits retenus sont les protéines d'intérêt pharmaceutique (1^{ère} ES, L et TS spécialité) et pour la TS-spécialités les OGM résistants aux insectes.

Dans une étude sur les attitudes d'élèves anglais et taiwanais de 16 ans et plus concernant les biotechnologies, Chen et Raffan (1999) montraient que les élèves avaient en général une attitude favorable aux techniques de génie génétique (notamment la transgénèse) appliquées aux plantes mais défavorables pour son application aux animaux (notamment un rejet fort du transfert de gène des animaux vers les végétaux). Concernant la manipulation des organismes, leur attitude dépendait de la finalité. Elle était favorable à ces manipulations chez les végétaux lorsqu'ils contribuaient à lutter contre des maladies, moins favorables lorsqu'il s'agissait d'une modification visant à modifier un caractère comme la croissance. Enfin, ces jeunes disaient être conscients des risques associés aux biotechnologies et semblaient les trouver acceptables en cas de bénéfice, notamment pour la santé humaine.

⁴ Martinand cité p.133 dans ASTOLFI, J-P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y., & TOUSSAINT, J. (1997). Mots-clés de la didactique de sciences. Repères, définitions, bibliographie. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.

Il est intéressant de noter que les objets produits par les pratiques de production industrielle sélectionnés par les programmes font partie des objets contre lesquels un rejet fort n'est pas exprimé : protéines synthétisées par transfert d'un gène animal vers un animal au profit de la santé humaine et OGM végétaux résistants aux insectes.

3. La caractérisation des sélections opérées et des modes d'agencement retenus pour les contenus d'enseignement de génétique constitue un reflet des SVT « en directives »

L'approche descriptive choisie d'un ensemble limité de contenus, ceux relevant d'un enseignement de génétique, ne permet pas de caractériser totalement les SVT « en directives ». Elle nous permet cependant de mettre en discussion différents traits de cette discipline scolaire, apparus comme saillants au cours de l'analyse de ces contenus.

La caractérisation des sélections opérées parmi les pratiques de référence et leurs caractéristiques et les modes d'agencement retenus pour les contenus reflète une discipline scolaire :

- centrée sur des visées de savoir et de savoir-faire ;
- qui propose une synthèse selon un point de vue spécifique des résultats des pratiques de recherche scientifique (cf. 3^{ème}, 1^{ère} S (valorisation des résultats, des démarches associées à la nouvelle vision), TS) ;
- associée à de nombreuses finalités se référant à des mondes divers et dont le nombre diminue avec la spécialisation associée aux filières du lycée ;
- qui fonde la cohérence des savoirs, des tâches et des visées sur des références scientifiques et citoyennes. La mise en cohérence scientifique est souvent forte car explicite pour les visées et les différents contenus alors que la mise en cohérence citoyenne est souvent plus implicite, rarement soutenue par des savoirs, des tâches et des visées se référant explicitement à une référence citoyenne (à l'exception de la partie E du programme de 3^{ème}) ;
- qui se caractérise par une sélection préférentielle des résultats, démarches, objets d'étude, ressources matérielles des pratiques de recherche scientifique ;

- qui se caractérise pour les contenus communs des programmes, un nombre restreint de pratiques de référence très majoritairement scientifiques est sélectionné, une ouverture vers d'autres pratiques de référence est proposée pour les thèmes en seconde, les enseignements scientifiques en 1^{ère} ES ou l'enseignement de spécialité en TS ;
- qui se caractérise par une sélection de différentes pratiques de référence mais uniquement pour un nombre restreint de caractéristiques et un nombre restreint d'objets (d'étude, de production, de ressources matérielles, etc..). Les contenus se référant à ces pratiques sont souvent présents dans les trois filières. Contenus d'ouverture, ils sont souvent greffés aux réseaux de cohérence scientifique.

C. Discussion des conséquences des sélections de référence opérées et des modes d'agencement retenus pour la notion de transgénèse et les contenus se référant à la nouvelle vision : esquisse d'une culture scolaire

1. Esquisse d'une culture scolaire pour la notion de transgénèse

Si la notion de transgénèse est associée à des contenus se référant des pratiques de référence diverses (citoyenne en 3^{ème}, scientifique en 2^{nde}, scientifique, industrielle et citoyenne en 1^{ère} ES et L et scientifique, industrielle, agricole et médicale en TS spécialité), ces contenus se réfèrent à un nombre restreint d'objets produits par transgénèse (protéines d'intérêt pharmaceutique, production d'arbre pour la gestion des forêts et d'OGM résistants aux insectes), objets pouvant être considérés comme parmi les moins « chauds » d'un point de vue éthique et social.

Par ailleurs, si les programmes esquissent une mise en cohérence possible pour ces contenus par une référence citoyenne, les documents d'accompagnement restreignent la diversité des problèmes à aborder en explicitant un.

Les contenus de SVT « en directives » établissent une mise en correspondance avec les pratiques citoyennes « rationnelles » (fonder un comportement responsable, identifier les enjeux éthiques, en s'appuyant sur les connaissances scientifiques, l'esprit critique et la raison).

Enfin en 3^{ème}, 2^{nde}, 1^{ère} ES et L, la notion de transgénèse est mise en relation avec des énoncés se référant à des résultats de pratiques de biologie moléculaire classique, s'inscrivant dans une

vision informationnelle. Dans le cadre de cette vision, un gène est associé de façon déterministe et linéaire à un caractère.

Il serait intéressant de questionner la compréhension, par les élèves de ces classes, des conséquences d'une transgénèse, dans la mesure où cette vision informationnelle et l'absence de connaissances plus précises sur les conséquences de l'insertion d'un gène sont sources de peur des élèves par rapport à la transgénèse.

Ainsi, l'étude de Chen et Raffan (1999), sur les attitudes d'élèves de plus de 16 ans sur les biotechnologies, montrait qu'un grand nombre d'élèves pensaient que la transgénèse interspécifique d'un gène issu d'une espèce animale vers une espèce végétale conférait des caractères « animaux » aux plantes. Ainsi certains jeunes exprimaient leur peur de manger de la chair humaine en mangeant de la nourriture dans laquelle des gènes humains avaient été insérés. La force de la vision informationnelle qui associe à un gène un caractère est ici visible.

2. Esquisse d'une culture scolaire pour l'établissement d'un phénotype

Comprendre la complexité des relations entre génotype et phénotype constitue un enjeu de formation pour les pratiques de recherche scientifique en post-génomique mais aussi pour les pratiques médicales, judiciaires s'appuyant sur l'interprétation de tests génétiques ou encore pour les pratiques citoyennes qui s'emparent de ces thèmes.

Nous avons constaté une rupture de l'inscription paradigmatique des programmes en 1^{ère}. Les contenus des programmes de SVT relevant de la génétique de 3^{ème} et de 2^{nde} s'inscrivent plutôt dans une vision informationnelle, alors que ceux de 1^{ère} et de Terminale s'inscrivent plutôt dans la nouvelle vision.

Nous avons également constaté que ces deux visions sont présentes avec des tensions plus ou moins fortes à tous les niveaux :

- en 3^{ème}, de rares unités d'analyse s'inscrivant dans la nouvelle vision sont mises en relation avec une majorité d'unités d'analyse s'inscrivant dans la vision informationnelle ;
- en 2^{nde}, des énoncés des documents d'accompagnement concernant le développement embryonnaire s'inscrivant dans la nouvelle vision sont mis en tension avec les énoncés des programmes qui, sur le même thème, s'inscrivent eux dans une vision clairement informationnelle ;

- en Première et en Terminale, les énoncés s'inscrivant dans la nouvelle vision sont articulés avec des énoncés s'inscrivant dans une vision plus informationnelle. Le déterminisme de la relation un gène-une protéine n'est notamment jamais discuté.

Les relations entre génotype et phénotype s'inscrivent ainsi dans un paysage où les deux visions sont en tension.

Face à cette mise en tension compréhensible des deux visions au regard des difficultés de l'enseignement de la génétique classique que nous avons rappelées, des questions se posent. Les contenus proposés par le programme de SVT suffisent-ils à permettre aux élèves de dépasser la vision informationnelle ?

La vision informationnelle, bien que dépassée d'un point de vue scientifique, résiste. L'annonce régulière de la découverte du gène de l'infidélité, de l'intelligence, de l'homosexualité témoignent de la persistance du « tout génétique » et de la métaphore du programme (cf. également le **document 10** des annexes de la partie II, p.61).

Une des raisons avancée par Atlan (1999) est le caractère attrayant de la simplicité de la relation un gène-un caractère. Elle renvoie à l'idée que quelque part sont inscrites les caractéristiques du vivant, de l'homme.

En outre, une part irréductible de vérité existe dans l'affirmation que la continuité de la vie repose sur la discontinuité de ses composants.

Enfin, elle a également apporté aux généticiens une valorisation de leur discipline en termes de scientificité, les gènes étant comparés aux *atomes de la biologie*.⁵

Impact de la vision dans laquelle s'inscrivent les relations gène-caractère sur des questionnements éthiques

Pour Atlan (1999), un des aspects en jeu dans ces évolutions est leur impact sur la signification nouvelle (ou l'absence de signification) de la notion de vie, et de leurs retombées sur les débats relatifs aux problèmes d'éthiques biomédicales, mais aussi environnementales ou encore industrielles.

⁵ MORANGE, M. (2004b) – Déconstruction de la notion de gène. In M. Fabre-Magnan & P. Moullier, La génétique, science humaine, (pp.104-119). Paris : Belin.

S'inscrire dans une vision informationnelle conduit à...

- protéger le patrimoine génétique actuel car le génome est l'essence de la vie ;
- refuser toute intervention sur les génomes, en s'appuyant sur le respect du patrimoine génétique.

Pour Morange (1998) et Atlan (1999), ces points de vue sont absurdes scientifiquement car la notion de patrimoine génétique valorise indûment les gènes et leurs rôles. Cette sacralisation des gènes au détriment de l'être humain paraît, à ces deux auteurs, dangereuse d'un point de vue éthique.

A l'inverse, dans la vision systémique, « *l'essence de la vie* », si cette expression peut avoir un sens, pourrait se localiser « *dans l'ensemble des systèmes dynamiques que constituent les réseaux biochimiques par lesquels des états fonctionnels se maintiennent, se transforment et se transmettent* » (Atlan, 1999, p.56).

Réaliser une thérapie génique dans ce contexte n'aura clairement pas le même sens. De même, la peur⁶ de la signification d'un diagnostic génique pour soi et sa descendance n'aura pas le même sens, en fonction de la vision dans laquelle son interprétation s'inscrit.

6 Voir **tableau 21** des annexes de la partie II (p.61) pour un tableau recensant des raisons pour lesquels la vision des gènes oscille entre fascination et peur (d'après Michel Morange, 1998).

CONCLUSIONS

Ce mémoire vise à questionner la prise en charge curriculaire de la génomique et de la post-génomique et de leurs enjeux de formation par les programmes d'enseignement pour les SVT, discipline scolaire de l'enseignement général secondaire français.

Une recherche pour une discipline scolaire « en directives », les sciences de la vie et de la Terre

- Sélection de pratiques de référence pour les contenus et visées de SVT parmi les pratiques de référence relevant de la génomique et de la post-génomique

Les pratiques relevant directement de la génomique et de la post-génomique sélectionnées sont des pratiques de recherche en voie de constitution, des pratiques médicales, citoyennes et de production industrielle et agricole incluant des résultats et des ressources issues des pratiques de recherche en génomique.

Les pratiques de recherche en génomique et en post-génomique n'ont pas été sélectionnées comme référence.

Par contre ont été sélectionnées comme référence des pratiques contribuant à faciliter l'appréhension des pratiques de génomique et de post-génomique comme des pratiques de recherche en biologie moléculaire et génie génétique classique et des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision du vivant.

- Mise en forme et en cohérence de contenus se référant à des pratiques de transgénèse et à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision

La prise en charge disciplinaire de contenus se référant à ces pratiques a été caractérisée par :

- la proposition de réseaux notionnels présentant des notions périphériques (cas de la transgénèse en 2^{nde} par exemple) ou centrales (cas des notions se référant à des résultats de pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision en 1^{ère}) ;
- la proposition de réseaux thématiques montrant une articulation d'énoncés se référant à différentes pratiques de recherche s'inscrivant dans différentes visions ;

- la proposition de réseaux de mise en cohérence à l'échelle d'un thème ou d'un programme souvent fondés sur une double référence : une référence explicite forte à des pratiques scientifiques et une référence plus implicite à des pratiques citoyennes ;
- la proposition de différents modes d'insertion des contenus à ces réseaux : le masquage pour la notion de transgénése en 2nde, le greffage pour les tâches se référant à des pratiques de transgénése en 1^{ère}, l'existence pour les savoirs et les tâches se référant à des pratiques s'inscrivant dans la nouvelle vision en 1^{ère} ;
- la proposition de principes de progressivité pour la notion de transgénése (principes d'extension, d'approfondissement, d'association) et les tâche associées (principes d'extension diversification et de complication) ;
- la proposition de ruptures notamment concernant la sélection de références s'inscrivant dans la vision informationnelle ou dans la nouvelle vision entre la 2nde et la 1^{ère} et concernant l'inscription des contenus de génétique des programme dans l'une ou l'autre vision (rupture de la matrice disciplinaire pour les enseignements de génétique) ;
- la proposition de continuités et de discontinuités (diversification des références) associées à la mise en place des filières au lycée pour les contenus se référant à des pratiques de transgénése.

Ces résultats et analyses sur la sélection des références et le mode d'agencement disciplinaire des contenus s'y référant ont permis de discuter les mises en correspondance possibles entre ces contenus et les pratiques auxquelles ils se réfèrent, l'image des SVT « en directives », et la contribution des SVT « en directives » à une culture scolaire sur la transgénése ou sur la nouvelle vision.

Différentes contributions

- Contribution curriculaire et didactique par la proposition d'un modèle d'étude d'une discipline scolaire :
 - le repérage de références sélectionnées et de modes d'agencement peut aider à penser, à renouveler les programmes d'enseignement ;

- ce modèle peut, par exemple, aider à penser la mise en directives de finalités a priori non centrales pour une discipline scientifique mais importantes d'un point de vue éducatif, comme les finalités citoyennes.
- Contribution à la formation des enseignants :
 - par l'élaboration d'un panorama de pratiques sociales diverses relevant de la génomique et de la post-génomique ;
 - par l'explicitation de réseaux notionnels pour certains contenus, de cohérences fondatrices pour les programmes de SVT des différents niveaux (outils de formation).

Perspectives

Les investigations conduites dans ce mémoire soulignent que la sélection des références pour les contenus d'une discipline scolaire lors du renouvellement d'un curriculum dans un contexte de mutation constitue un problème en soi. Néanmoins, identifier et caractériser des pratiques de référence possibles est nécessaire mais loin d'être suffisant.

En effet, la prise en charge des ces pratiques de référence par une discipline scolaire « en directives », située à la croisée de nombreuses logiques, objet de luttes et de compromis, héritière de mode d'agencement, de contenus, est loin de se limiter à une simple sélection et mise en forme des références en fonctions des visées et finalités de la discipline.

Les modalités de la prise en charge curriculaire de ces références pour une discipline scolaire « en directives » sous l'action de ces différentes contraintes, soulèvent le problème du sens c'est-à-dire de la mise en correspondance possible entre les contenus d'enseignement et les pratiques qui leur ont servi de référence.

Par ailleurs, pour les contenus se référant à des pratiques citoyennes nous avons identifié une prise en charge disciplinaire caractérisée par une mise en cohérence double de ces contenus, mise en cohérence scientifique et citoyenne, et par une restriction des références à certains aspects en lien avec la discipline. Ce constat questionne la pertinence de la prise en charge disciplinaire de ces pratiques multi-référentielles.

BIBLIOGRAPHIE

I. Articles et ouvrages

ABROUGUI, M. (1997). *La génétique humaine dans l'enseignement secondaire en France et en Tunisie, Approche didactique*. Thèse de doctorat, Université Lyon 1, France.

ACADEMIE DES SCIENCES. (1999). *Développement et applications de la génomique. L'après génome*. Paris : Editions Tec & Doc.

ALBE, V. (2009). L'enseignement de controverses socioscientifiques. Quels enjeux sociaux, éducatifs et théoriques ? Quelles mises en formes scolaires ? *Education & Didactique*, vol.3(1), 45-76.

ANDRADE, M.A., & SANDER, C. (1997). Bioinformatics : from genome data to biological knowledge. *Current Opinion in Biotechnology*, 8, 675-683.

APBG. (2004). *Le génome*. Lyon : APBG.

ASTOLFI, J-P., DAROT, E., GINSBURGER-VOGEL, Y., & TOUSSAINT, J. (Eds.). (1997). *Mots-clés de la didactique de sciences. Repères, définitions, bibliographie*. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.

ATLAN, H. (1999). *La fin du « tout génétique » ? Vers de nouveaux paradigmes en biologie*. Paris : INRA Editions. 91 p.

AUDIGIER, F., TUTIAUX-GUILLON, N., & HAEBERLI, P. (2008). Introduction. In F. Audigier & N. Tutiaux-Guillon (Eds.), *Compétences et contenus* (pp.15-25). Bruxelles : De Boeck Université.

AUFFRAY, C. (1996). *Le génome humain*. Paris : Flammarion.

BAHAR, M., JOHNSTONE, A.H., & SUTCLIFFE, R.G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological education*, vol.33 (3), 134-141.

BARMA, S. (2007). Point de vue sur le nouveau programme de science et technologie du secondaire au Québec : regards croisés sur les enjeux de part et d'autre de l'Atlantique. *Didaskalia*, 30, 109-137.

BERNOT, A. (2000). *L'analyse des génomes. Cartographie, séquençage, identification des gènes*. Paris : Dunod.

BILLINGS, P., & KOLIOPOULOS, S. (2001). Qu'est-ce que le génome humain. In J-F. Mattéi (Ed.), *Le génome humain*. Strasbourg : Editions du conseil de l'Europe.

BONNEUIL, C. (2004, Lyon 15-17 juin 2004). Les transformations des rapports entre sciences et société en France depuis la Seconde Guerre mondiale : un essai de synthèse. *Actes du Colloque « Sciences média et société »* (pp.15-40) [En ligne]. Consulté le 2 juin 2008 sur http://sciences-medias.ens-lsh.fr/article.php3?id_article=56.

- BOS, J.-C., & AMADE-ESCOT, C. (2004). Les nouveaux programmes d'EPS en France : analyse de l'échec de deux tentatives de renouveau. Archaïsme des enseignants ou résistance à l'idéologie post-moderne. In P. Jonnaert & A. M'Batika (Eds.), *Les réformes curriculaires. Regards croisés* (pp.113-155). Sainte Foy : Presses de l'Université du Québec.
- CHATEL, E. (1994). Constructions à tout faire : les programmes de sciences économiques et sociales. In C. Demonque (Ed.), *Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement?* (pp.50-66). Paris: Hachette Education.
- CHEN, S.Y., & RAFFAN, J. (1999). Biotechnology : student's knowledge and attitudes in the UK and Taiwan. *Journal of Biological education*, vol.34, n°1, p.17-23.
- CHERVEL, A. (1998). *La culture scolaire. Une approche historique*. Paris : Belin.
- CHEVALLARD, Y. (1985). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La pensée sauvage.
- COQUIDE, M., & VANDER-BORGHT, C. (1998). Des recherches en didactique de la biologie : finalités, problématiques, concepts et productions (1988-1998). *Aster*, n°27, 97-123.
- COQUIDE, M. (2002). Les enjeux éducatifs d'un rapport expérimental au vivant. *APBG*, n°1, 135-140.
- COQUIDE, M. (2006). *Quelles didactiques ? Quels buts ? Quels questionnements ? Quels savoirs ?* Conférence invitée par ATDSVT, Association Tunisienne de Didactique des Sciences de la Vie et de la Terre. Hammamet (Tunisie), 18 et 19 février 2006.
- COQUIDE, M., & MARTINAND, J.L. (2007). Evolution des contenus d'enseignement de neurophysiologie : quelles missions pour les SVT ? Pour quel curriculum ? In M. Coquidé & S. Tirard (Eds.), *Neuroplasticité, enseigner de nouveaux savoirs ou un nouveau regard ?* (pp.201-206). Paris : Vuibert, Adapt – SNES.
- COQUIDE, M., FUCHS-GALLEZOT, M. (2007). L'enseignement de la génétique au collège : une contribution relative à sa prise en charge curriculaire. In ARDIST & INRP (dir.), *Cinquièmes rencontres de l'ARDIST*, (pp.). Lyon : INRP.
- COQUIDÉ, M. (2008). Les disciplines scolaires et leurs enseignements spécialisés : distinguer pour pouvoir articuler et travailler ensemble. In A. Hasni & J. Lebeaume (Eds.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (pp. 51-74). Sherbrooke : Éditions du CRP et Lyon : INRP.
- CRAHAY, M., AUDIGIER, F. & DOLZ, J. (2006). Introduction. En quoi les curriculums peuvent-ils être objets d'investigation scientifique. In F. Audigier, M. Crahay & J. Dolz (Eds), *Curriculum, enseignement et pilotage* (pp.7-37). Bruxelles : De Boeck.
- DARDEL, F., & KEPES, F. (2002). *Bioinformatique. Génomique et post-génomique*. Palaiseau : Les éditions de l'école Polytechnique.

- DAUSSET, J. (2001). La médecine prédictive. In J-F. Mattéi (Ed.), *Le génome humain*. Strasbourg : Editions du conseil de l'Europe.
- DEMONQUE, C. (Ed.) (1994). *Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement ?*. Paris : Hachette Education.
- DE LANDSHEERE, V. (1992). *L'éducation et la formation*. Paris : PUF.
- DESBEAUX-SALVIAT, B. (2000). Réductionnismes en biochimie, éclairage épistémologique et didactique. *Aster*, 30, 9-37.
- DEVELAY, M. (1992). *De l'apprentissage à l'enseignement. Pour une épistémologie scolaire*. Paris : ESF éditeur.
- DEVELAY, M. (1995a). En préambule. In M. Develay (Ed.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp.11-15). Paris : ESF.
- DEVELAY, M. (1995b). Le sens d'une réflexion épistémologique. In M. Develay (Ed.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp.17-31). Paris : ESF
- DEVELAY, M. (1995c). Prolongements... In M. Develay (Ed.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : une encyclopédie pour aujourd'hui*. Paris : ESF
- D'HAINAULT, L. (1988). *Des fins aux objectifs de l'éducation. Un cadre conceptuel et une méthode générale pour établir les résultats attendus d'une formation*. Bruxelles : Editions Labor, cinquième édition.
- EDELSTEIN, S.J. (2002). *Des gènes aux génomes*. Paris : Odile Jacob.
- FORQUIN, J.-C. (2001). Formation fondamentale et culture scolaire. In C, Gohier, & S. Laurin (Eds.), *Entre culture, compétence et contenu. La formation fondamentale un espace à redéfinir*, (pp.85-110). Outremont : Les éditions logiques.
- FORQUIN, J.-C. (2005). Discipline scolaire. In P. Champy, & C. Etévé (Eds.), *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation*, (pp.234-237). Paris : Retz. (3^{ème} édition).
- FORRISSIER, T., CLEMENT, P. (2003). Teaching « biological identity » as genome/environment interactions. *Journal of Biological Education*, 37(2).
- FOX KELLER, E. (1999). *Le rôle des métaphores dans les progrès de la biologie*. Le Plessis Robinson : Institut Synthélabo.
- FOX KELLER, E. (2000 ; traduction française 2003). *Le siècle du gène*. Paris : Gallimard.
- FURNESS, M., & POLLOCK, K. (2001). L'industrie et le génome humain. In J-F. Mattéi (Ed.), *Le génome humain*. Strasbourg : Editions du conseil de l'Europe.
- FUCHS-GALLEZOT Magali & COQUIDÉ Maryline.(2006) *Genetics, genomics and post-genomics : educational challenges and how the French curriculum related to life sciences*

teaching deals with these fields ? VIe colloque de *Eridob* (European Researchers in Didactics of Biology) Institute of Education, University of London, 13 septembre 2006.

GALLEZOT, M., & COQUIDE, M. (2008). *Which educational challenges about genetics in the French curriculum ?* BioEd 2008, International Union of Biological Sciences, Université de Bourgogne, 24-28 juin 2008.

GAUTHIER, R-F. (2006). *Les contenus de l'enseignement secondaire dans le monde*. Paris : UNESCO.

GROS, F. (2003). Les sciences de la vie au XXIe siècle. *Biologie Géologie*, n°2, 321-342.

HERMANN, C. (2006) cours de Master 1 de sur l'interactome [En ligne]. Consulté le 1^{er} juillet 2007 sur le site de l'université de Marseille : http://www.biologie.univmrs.fr/upload/p202/AnalyseProt_interact.pdf

HIETER., P., & BOGUSKI, M. (1997). Functional Genomics: it's all how you read it. *Science*, vol.278 (5338), 601-602.

HONG, J.L., SHIM, K.C, & CHANG, N.K. (1998). A study of Korean middle school students' interests in biology and their implications for biology education. *International Journal of Science Education*, vol.20 (8), 989-999.

HOUDEBINE, L.M., & TIOLLAIS, P. (2000). Génie Génétique. In Encyclopedia Universalis [Cédérom].

JACQUET, M. (2001). Un génome... des génomes. *Orsay Infos*, juillet 2001, 64, 5-9.

JONNAERT, P. (2001). La question de la référence en didactique. La posture épistémologique du chercheur et ses implications. In A. Terrisse (Ed.), *Didactique des disciplines. Les références au savoir* (pp.49-64). Bruxelles : De Boeck Université.

JONNAERT, P. (2006). Constructivisme, connaissances et savoirs. *Transfert, Journal semestriel de la formation pédagogique des enseignants-stagiaires du secondaire, Université du Luxembourg, Faculté des lettres, des sciences humaines, des arts et des sciences de l'éducation*, vol.3, 5-9.

LACADENA, J.R (2001). Un code éthique pour la génétique humaine. In J-F. Mattéi (Ed.), *Le génome humain*. Strasbourg : Editions du conseil de l'Europe.

LANGE, J-M. & MARTINAND, J-L. (à paraître). Education au développement durable et éducation scientifique : Repères pour un curriculum. In A. Hasni & J. Lebeaume (dir.), *Nouveaux enjeux de l'éducation scientifique et technologique: visées, contenus, compétences et pratiques*. Ottawa : Presses de l'Université d'Ottawa.

LAROCHELLE, M., & DESAUTELS, J. (2006). L'éducation aux sciences et le croisement des expertises. In A. Legardez, & L. Simmoneaux (Eds.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, (pp.61-77). Paris : ESF Editeur.

LEBEAUME, J. (1994). Des programmes pour définir et organiser le travail manuel à l'école primaire. In C. Demonque (Ed.), *Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement ?* (pp.26-38). Paris : Hachette Education.

LEBEAUME, J. (1999). *Perspectives curriculaires en éducation technologique*. Mémoire d'habilitation à Diriger les Recherches, Université Paris-Sud, Orsay. 129p.

LEBEAUME, J. (2000). *L'éducation technologique*. Paris : ESF éditeur.

LEBEAUME, J. (2001). Didactique et curriculums disciplinaires : l'exemple de l'éducation technologique. *Actes du congrès de l'AECSE*. Lille. (support électronique).

LEBEAUME, J. (2003). Construction de la technologie pour l'école moyenne en France : un aperçu historique. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, 1, 83-99.

LEBEAUME, J. (2004). Designing Technology Education at the Junior High School Level : Propositions from the French school Curriculum. *The Journal of Technology studies*, vol (3), 2-10.

LEBEAUME, J. (2005). Nouveaux programmes, nouveaux problèmes didactiques. *Education technologique*, 28, p.31-40.

LEBEAUME, J. (2006). *Perspectives curriculaires des recherches en didactiques*. Intervention au séminaire doctorant du 21 novembre 2006.

LEBEAUME, J. (2008a). La genèse de l'éducation technologique en directives. *Spirale*, 42, 109-122.

LEBEAUME, J. (2008b). Les sciences et la technologie au cours de la scolarité obligatoire en France : perspectives curriculaires des recherches en didactique et changements contemporains [Cédérom]. In *Actes du 15^e congrès de l'AMSE : 2-6 juin 2008* (pp.181-198). Marrakech : Université Cadi Ayyad.

LECLERCQ, J-M. (1994). Les programmes d'enseignement en France et à l'étranger. Pp.145-157. In C. Demonque (Ed.), *Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement ?* (pp.145-157). Paris : Hachette Education.

LEGARDEZ, A., & SIMMONEAUX, L. (2006). Présentation de l'ouvrage. In A. Legardez, & L. Simmoneaux (Eds.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, (pp.13-18). Paris : ESF Editeur.

LEWIS, J., & WOOD-ROBINSON, C. (2000a). Genes, chromosomes, cell division and inheritance- do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, vol.22 (2), 177-195.

LEWIS, J., LEACH, J., & WOOD-ROBINSON, C. (2000b). All in the genes ?- young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological education*, vol.34 (2), 74-79.

LEWIS, J., LEACH, J., & WOOD-ROBINSON, C. (2000c). What's in a cell? –young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological education*, vol.34 (3), 129-132.

LEWIS, J., LEACH, J., & WOOD-ROBINSON, C. (2000d). Chromosomes: the missing link – young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological education*, vol.34 (4), 189-199.

LEWIS, J., LEACH, J., & WOOD-ROBINSON, C. (2000e). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological education*, vol.35 (1), 29-36.

MARBACH-AD, G., & STAVY, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological education*, vol.34 (4), 200-205.

MARBACH-AD, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological education*, vol.35 (4), 183-189.

MARTINAND, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.

MARTINAND, J.-L. (1994). Enseignement des sciences ou éducation scientifique : quels programmes pour les sciences expérimentales ? In C. Demonque (Ed.), *Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement ?* (pp. 109-120). Paris : Hachette.

MARTINAND, J.L. (1999). *Evolution des sciences et des technologies et savoirs fondamentaux*. Communication présentée au séminaire UNESCO, Sèvres, France.

MARTINAND, J.-L. (2000a). *Matrices disciplinaires et matrices curriculaires : le cas de l'éducation technologique en France*. Colloque international "Curriculum et contenus d'enseignement dans un monde en mutation ; permanences et ruptures", Amiens, 13 janvier 2000.

MARTINAND, J.L. (2000b). *Sciences, Techniques, Technologie*. Communication présentée au colloque CIEEIST 2000, Orsay, centre d'Alembert.

MARTINAND, J.L. (2001a). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire. In A. Terrisse (Ed.), *Didactique des disciplines. Les références au savoir* (pp 17-24). Bruxelles : De Boeck Université.

MARTINAND, J.L. (2001b). *La didactique et les savoirs. La question des savoirs : état des lieux ; Les politiques des savoirs*. Colloque ISPEF/INRP, Lyon, 28-29 juin 2001.

MARTINAND, J.-L. (2003a). L'éducation technologique à l'école moyenne en France : Problèmes de didactique curriculaire. *Revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*, vol. 3(1), 101-106.

MARTINAND, J.-L. (2003b). Introduction à la troisième partie : missions et fonctions des disciplines dans l'enseignement au collège. In J-L Derouet (Ed.), *Le collège unique en question*, (pp183-189). Paris : PUF.

MARTINAND, J.-L. (2003c). La question de la référence en didactique du curriculum. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(2).

MARTINAND, J.-L. (2004) Didactique et didactiques. Esquisse problématique. In J. Beillerot, & N. Mosconi (Eds.), *Traité des sciences et pratiques de l'éducation*. Paris : Dunod

MARTINAND, J.-L. (2005). *Quel curriculum pour l'école moyenne ? Que faire avec les disciplines du collège ?* Colloque AECSE, octobre 2005.

MARTINAND, J.-L. (2007). Eléments de problématique pour l'éducation scientifique des citoyens aujourd'hui. In N. Benjelloum, & M. Zaki (Eds), Actes du symposium International Forapeval_st 2006 du 23 et 24 novembre 2006 (pp.201-206). Fès : Université Sidi Mohamemed Ben Abdellah/ Faculté des sciences Dhar El Mehraz.

MATTEI, J. F. (Ed.) (2001). Conclusion. In J.F Mattéi (Ed.), *Le génome humain*. Strasbourg : Editions du conseil de l'Europe.

MONCHAMP, C. (à paraître). La génétique des populations, enjeux scientifiques et domaines d'applications in livre sur la génétique. In M. Coquidé, M. Gallezot & S. Tirard (Eds.), *La génétique en question (titre provisoire)*. Paris : Vuibert, Adapt – SNES.

MORANGE, M. (1994). *Histoire de la biologie moléculaire*. Paris : La découverte.

MORANGE, M. (1998). *La part des gènes*. Paris : Editions Odile Jacob.

MORANGE, M. (2001). Un siècle de génétique. *Cahiers François Viète*, n°2, 79-89.

MORANGE, M. (2002). *Histoire de la génétique*. Conférence prononcée lors des journées nationales de SVT des 5 et 6 mars 2002.

MORANGE, M. (2003). Les origines de la vie. Le point de vue d'un historien de la biologie. In M-C. Maurel & P-A. Miquel (Eds.), *Nouveaux débats sur le vivant*, (pp.23-39). Paris : Editions Kimé.

MORANGE, M. (2004a). La génétique : une science aux caractéristiques très particulières. *Bulletin d'histoire et d'épistémologie des sciences de la vie*, vol.11 (2), 235-247.

MORANGE, M. (2004b) – Déconstruction de la notion de gène. In M. Fabre-Magnan & P. Moullier, *La génétique, science humaine*, (pp.104-119). Paris : Belin.

MORANGE, M. (2004c). *Le corps humain, vu du côté des gènes*.

MORANGE, M. (2006). *Quelle niche pour la biologie théorique aujourd'hui ?* Intervention au séminaire sur la biologie théorique à l'ENS ULM 27 février 2006.

MORANGE, M. (2007). *La complexité dans le génome* [En ligne]. Consulté le 1^{er} juillet 2008 sur <http://cirs.fr/breve.php?id=915>.

- MORANGE, M. (2008). Retour sur le normal et le pathologique. In A. Fagot-Largeault, C. Debru & M. Morange (Eds.), Hee-Jin Han (éd.), *Philosophie et Médecine. En hommage à Georges Canguilhem*, (pp.155-169). Paris : Vrin.
- MORANGE, M. (à paraître). Autour de la post-génomique : quelques réflexions. In M. Coquidé, M. Gallezot & S. Tirard (Eds.), *La génétique en question (titre provisoire)*. Paris : Vuibert, Adapt – SNES
- MOROT-GAUDRY, J-F. (2006, mai). *Les techniques en « omics » et la nutrition azotée des plantes*. Intervention lors du Colloque du Centre d'Alembert, Démarches intégratives dans les sciences d'aujourd'hui, les 10 et 11 mai 2006, Orsay, France.
- NOBLE, D. (2007). *La musique de la vie. La biologie au-delà du génome*. Paris : Seuil.
- PAINDORGE, M. (2007). La progressivité des notions dans les programmes de l'éducation technologique. *Didaskalia*, n°30, 89-106.
- PENN, R.B., ORTEGA, V.E., & BLEECKER, E.R. (2007). A Roadmap to functional genomics. *Physiol. Genomics*, 30, 82-88.
- PERRENOUD, P. (1990) *La géographie scolaire entre deux modèles de transposition didactique* [En ligne]. Consulté le 1^{er} juillet 2008 sur http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1990/1990_11.html
- PERRENOUD, P. (1994). Curriculum : le formel, le réel, le caché. In J. Houssaye (Dir.), *La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui*, (pp.61-76). Paris : ESF éditeur.
- PERRENOUD, P. (2000). Le rôle de la formation à l'enseignement dans la construction des disciplines scolaires. Education et francophonie [en ligne]. In Réforme curriculaire et statut des disciplines : quels impacts sur la formation professionnelle à l'enseignement ?, *Education et Francophonie, revue scientifique virtuelle*, Vol. XXVIII (2), consultée sur <http://www.acelf.ca/revue/XXVIII-2/05-Perrenoud.html>.
- PERRENOUD, P. (2008). Préface. In F. Audigier & N. Tutiaux-Guillon (Eds.), *Compétences et contenus* (pp.7-14). Bruxelles : De Boeck Université.
- PICHOT, A. (1999). *Histoire de la notion de gène*. Paris : Flammarion.
- PRAIRAT, E. (1996). Qu'est qu'une discipline scolaire ? *Educations*, janv- fév, 29-33.
- RAULIN, D. (2006). *Les programmes scolaires. Des disciplines souveraines au socle commun*. Paris : Editions Retz.
- RICOEUR, P. (2000). Ethique. In *Encyclopedia Universalis* [Cédérom].
- ROPE, F. (2000). Savoirs, savoirs scolaires et compétences. In A. Van Zanten (Ed.), *L'école : l'état des savoirs*, (pp. 161-170). Paris : La Découverte & Syros.
- ROSMORDUC, J. (2000). Les savoirs scientifiques et leur histoire dans les cursus français. In A. ROBERT (Dir.), *Les contenus d'enseignement en question*. Rennes : CRDP Bretagne.

- ROSS, A. (2000). *Curriculum : construction and critique*. London : Falmer Press.
- ROSSIER, J. (2003). La complexité après le séquençage. *Pour la science*, n°314, 92-96.
- RUMELHARD, G. (1986). *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*. Berne, Suisse : Peter Lang.
- RUMELHARD, G. (1995). De la biologie contemporaine à son enseignement. In M. Develay (Ed.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : une encyclopédie pour aujourd'hui* (pp.317-337). Paris : ESF
- RUMELHARD, G. (2007). Milieu physique universel, indifférent, milieu référé aux organismes vivants. *APBG*, n°3, 518-530.
- SACHOT, M. (2004). Disciplines du maître, disciplines de l'élève : contre une disciplinarisation du primaire. In M. Sachot & Y. Lenoir (dir.), *Les enseignants du primaire entre disciplinarité et interdisciplinarité : quelle formation didactique ?*. Saint Nicolas, Québec : Presses de l'Université de Laval.
- SERALINI, G-E. (2003). *Génétiquement incorrect*. Paris : Editions Flammarion.
- SIMMONEAUX, L. (2001). La question de la référence dans la didactique des savoirs en élevage. In A. Terrisse (Ed.), *Didactique des disciplines. Les références au savoir* (pp 95-117). Bruxelles : De Boeck Université.
- SIMMONEAUX, J., & LEGARDEZ, A. (2006). L'enseignement de la mondialisation : références, objectifs, contenus. In A. Legardez & L. Simmoneaux (Eds.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, (pp.217-232). Paris : ESF Editeur.
- SIMMONEAUX, L. (2006). Quel enjeu éducatif pour les questions biotechnologiques ? In A. Legardez & L. Simmoneaux (Eds.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, (pp.33-59). Paris : ESF Editeur.
- STEWART, J. (2004). *La vie existe-t-elle ? Réconcilier génétique et biologie*. Paris : Vuibert.
- TERRISSE, A., GARCIA-BLANC, C., & SIMMONEAUX, L. (2001). La référence en question. In A. Terrisse (Ed.), *Didactique des disciplines. Les références au savoir* (pp.7-16). Bruxelles : De Boeck Université.
- TERRISSE, A. (2001). La référence dans l'enseignement de l'éducation physique et sportive. In A. Terrisse (Ed.), *Didactique des disciplines. Les références au savoir* (pp 119-139). Bruxelles : De Boeck Université.
- TUTIAUX-GUILLON, N. (2006). Le difficile enseignement des « questions vives » en histoire-géographie. In A. Legardez & L. Simmoneaux (Eds.), *L'école à l'épreuve de l'actualité. Enseigner les questions vives*, (pp.119-135). Paris : ESF Editeur.
- WEIL-BARAIS, A. (2000). *Les méthodes en psychologie*. Paris : Bréal.

II. Textes officiels

A. horaires et programmes d'enseignement

| Programmes de sciences de la vie et de la Terre | Publication au bulletin officiel |
|---|---|
| Classe de sixième (6 ^e) | BO n°48 du 28 décembre 1995 |
| Classes du cycle central (cinquième (5 ^e) et quatrième (4 ^e)) | BO hors-série n°1 du 13 février 1997 |
| Classe de troisième (3 ^e) | BO hors-série n°10 du 15 octobre 1998 |
| Classe de seconde (2 nd e) | BO hors-série n°6 du 12 août 1999 BO hors-série n°2 du 30 août 2001 |
| Classe de première série scientifique (1 ^{ère} S) | BO hors-série n°7 du 31 août 2000 BO hors-série n°6 du 29 août 2002 |
| Classe de Terminale série scientifique (TS) | BO hors-série n°5 du 30 août 2001 Modifications de programme BO hors-série n°11 du 28 novembre 2002 |

| Programmes d'enseignement scientifique | Publication au bulletin officiel |
|--|---|
| Classe de première série économique et sociale (1 ^{ère} ES) | BO hors-série n°7 du 31 août 2000 |
| Classe de première série littéraire (1 ^{ère} L) | BO hors-série n°7 du 31 août 2000 |

B. Documents d'accompagnement

Ministère de l'Education Nationale. (1998). Documents d'accompagnement pour les sciences de la vie et de la Terre, classe de troisième. Paris : CNDP.

MENRT, CNDP-GTD de SVT. (1999). Documents d'accompagnement de la classe de 2nde pour les sciences de la vie et de la Terre. Paris : CNDP.

MEN, CNDP- groupe d'experts. (2001). Accompagnement des programmes de l'enseignement scientifique (sciences de la vie et de la Terre) pour les classes de première ES et L. Paris : CNDP.

MENR, CNDP- groupe d'experts. (2002). Accompagnement des programmes de l'enseignement scientifique (sciences de la vie et de la Terre) pour la classe de première S. Paris : CNDP.

MENR, CNDP- groupe d'experts. (2002). Accompagnement des programmes de l'enseignement scientifique (sciences de la vie et de la Terre) pour la classe de terminale S. Paris : CNDP.

C. Autres textes officiels

J.O n° 50 du 28 février 1990 : création du Conseil National des Programmes

BO n°8 du 20 février 1992. Charte des programmes (Charte du 13 novembre 1991).

BO n°25 du 20 juin 1996 : Les sciences de la vie et de la Terre au collège

BO HS n°2 du 30 août 2001 : L'enseignement des sciences au lycée.

III. Dictionnaires

CHAMPY, P. & ETEVE, C. (Dir.). (2005). *Dictionnaire encyclopédique de l'éducation et de la formation* (3^{ème} édition). Paris : Retz.

REY, A. (Dir.). (2001). *Le grand Robert de la langue française*. Paris : Dictionnaires le Robert.

MORFAUX, L.M. (1980). *Vocabulaire de la philosophie et des sciences humaines*. Paris : Armand Colin.

IV. Sites internet

- **Site de la CIRAD** : <http://www.cirad.fr>

Consultation le 18 juillet 2008 des pages sur la banque de données du cacao.

- **Centre international de recherche scientifique (CIRS)** : <http://www.cirs.fr>

Pages consultées le 19 juin 2008 :

<http://www.cirs.fr/breve.php?id=297> : déterminisme génétique

<http://www.cirs.fr/breve.php?id=857> : Identification de nouveaux gènes : la méthode évolutionnaire

<http://www.cirs.fr/breve.php?id=915> : La complexité dans le génome

<http://www.cirs.fr/breve.php?id=547> : Mise au point d'une technique de neutralisation de gènes facteurs de maladies :

<http://www.cirs.fr/breve.php?id=298>: les clones diffèrent de leur original par l'apparence et le comportement :

<http://www.cirs.fr/breve.php?id=334>: Cartographie du génome humain :

- **site du CNAM :**

<http://bioinfo.cnam.fr/bioinfo//recherchebioinfo.html>: programmes de recherche de la chaire de bioinformatique

- **Site Eduscol :**

Page élaboration d'un programme consultée en février 2005 sur <http://eduscol.education.fr/D0048/progparcours.htm> :

- **site de la fondation de recherche médicale :** <http://www.frm.org>

Pages consultées le 10 janvier 2007 écrites en juillet 1997 par Florence Rosier :

http://www.frm.org/informez/info_ressources_dossiers_article_chapitre.php?id=22&type=10&numeroChapitre=1&act=Génétique (partie 1) (lien maintenant inactif)

- **Site du Gépôle :** <http://www.genopole.fr>

Page consultée le 18 juillet 2008

<http://www.genopole.fr/La-Genetique.html> : La génétique

- **Site du Gépôle de Strasbourg :** <http://www-genopole.u-strasbg.fr>

Consultation le 18 juillet 2008 des pages sur la clinique de la souris

- **Site du Gépôle de Toulouse :** <http://www2.toulouse.inra.fr>

Page consultée le 18 juillet 2008

<http://www2.toulouse.inra.fr/centre/centre/genomeanimaux.htm>: génome des animaux

- **site du géoscope :**

<http://.www.genoscope.cns>: page des questions d'internautes

- **Site de du gouvernement québécois :**

Pages consultées le 10 mai 2008 sur la transgénèse et les OGM

http://www.ogm.gouv.qc.ca/envi_biodiversite.html

http://www.ogm.gouv.qc.ca/info_historique.html

http://www.ogm.gouv.qc.ca/info_transfert.html

http://www.ogm.gouv.qc.ca/info_quoi.html

- **site d'infobiogen (consulté en juin 2004, fermé depuis 2006) :**

<http://www.infobiogen.fr/>

- **Site infogm : <http://www.infogm.org/spip.php?mot20>**

Page consultée le 10 mai 2008 sur la transgénèse et les OGM

- **Site INRA : <http://www.inra.fr>**

Page consultée le 18 juillet 2008

<http://www.inra.fr/internet/Projets/bioinfo/rapport99.html>: bioinformatique

Page consultée le 10 mai 2008

<http://www.inra.fr/internet/Directions/DIC/ACTUALITES/DOSSIERS/ogm.html>: la transgénèse et les OGM

- **Site de l'INRP :**

Page consultée le 10 mai 2008

<http://www.inrp.fr/Access/biotech/biomol>: la transgénèse et les OGM

- **Site de l'IRCM :**

Page consultée le 18 juillet 2008

http://www.ircm.qc.ca/bioethique/obsgenetique/zoom/zoom_03/z_no13_03/z_no13_03_01.ht

Page consultée le 10 mai 2008

http://www.ircm.qc.ca/bioethique/obsgenetique/cadrages/cadr2006/c_no25_06/c_no2: la transgénèse et les OGM

- **Site du Ministère de la recherche :**

Page consultée le 18 juillet 2008

<http://www.recherche.gouv.fr/recherche/aci/genob.htm>: Action concertée incitative : programme génomique

- **Site de l'OCDE :**

Page consultée le 18 juillet 2008

http://www.observaurocde.org/news/fullstory.php/aid/881/Les_biobanques.html : biobanques

- **site de l'université de Jussieu :**

Page consultée en janvier 2009

http://www.snv.jussieu.fr/vie/dossiers/genomes/methodes_carte.htm: méthodes de séquençage

- **Site de l'université de Marseille :**

Page consultée le 18 juillet 2008

http://www.biologie.univ-mrs.fr/upload/p202/AnalyseProt_interact.pdf: cours de Master 1 de Carl Hermann sur l'interactome

- **Site de l'université de Marseille :**

Page consultée en janvier 2009

http://www.univmontp2.fr/index.php?categorie=4&ficheid=31&nivo0_id=3&nivo1_id=5&page=fiche&type=9: génomique

- **Site du réseau d'excellence épigénome :** <http://epigenome.eu/fr/>

Consulté en juin 2006

- **site techno-science :**

<http://www.techno-science.net/?onglet=news&news=5159>: prédiction de la structure 3D des ARN

Génomique, post-génomique : enjeux de formation et prise en charge curriculaire pour les SVT

Ce mémoire examine les contenus d'enseignement d'une discipline scolaire de l'enseignement général secondaire français, les sciences de la vie et de la Terre (SVT). Il vise, plus précisément, à questionner la prise en charge curriculaire de la génomique et de la post-génomique et de leurs enjeux de formation par les programmes d'enseignement pour les SVT. Différentes pratiques sociales relevant de la génomique et de la post-génomique ont été identifiées et caractérisées : des pratiques de recherche scientifique, de production industrielle et agricole, des pratiques médicales et citoyennes. La prise en charge de ces pratiques sociales a été interrogée d'un double point de vue : celui des pratiques sélectionnées comme référence pour les contenus et les visées des programmes de SVT et celui du mode d'agencement disciplinaire de ces contenus et visées. Les résultats montrent que si les pratiques de recherche en génomique et post-génomique n'ont pas été sélectionnées, des pratiques contribuant à mieux les appréhender, ainsi que des pratiques industrielles, agricoles, médicales et citoyennes relevant de la génomique et de la post-génomique, ont été, elles, retenues comme référence pour les contenus et visées des programmes. L'examen de leur mode d'agencement met en évidence des mises en forme et en cohérence spécifiques, soulignant le caractère original de la construction des programmes pour les SVT, comme discipline scolaire « en directives ».

Mots clés : pratique sociale de référence, discipline scolaire, génomique, post-génomique, programme d'enseignement, sciences de la vie et de la Terre.

This thesis focuses on the learning content of the French secondary curriculum of a school subject, «life and earth sciences ».

The thesis aims, more specifically, to study how genomics and post genomics, and their educational stakes, are taken into account in the «life and earth sciences » syllabuses.

Many genomics and post genomics “social practices” have been identified and characterized: scientific research, industrial and agricultural applications, medical applications, citizenship’s concerns.

We study how these « social practices » have been taken into account by the school subject’s syllabuses on two standpoints: which “social practices” have been selected as a reference for the syllabuses’ learning contents and aims, and how these contents and aims are organised in the syllabuses.

The results show that, if genomics and post genomics present scientific research has not been selected, scientific research practices contributing to a better understanding of genomics and post-genomics as well as industrial, agricultural, medical and citizen practices have been chosen as a reference for syllabuses’ contents or aims.

The study of the organization of the syllabuses shows specific formulations and coherence, underlining the original character of “life and earth science” as a school subject.

Keywords : reference, social practices, school subject, genomics, post-genomics, syllabus, life and earth sciences.