

Rapport sur l'épreuve orale de Biotechnologie

A propos des candidats

Année après année, le niveau des candidats dans notre épreuve ne cesse de progresser : c'est à la fois notre sentiment spontané, mais aussi ce que démontrent les chiffres. Alors que notre méthode et nos critères d'évaluation ne changent pas, et que notre collection continue de s'enrichir de sujets intégratifs plus exigeants, la moyenne progresse cette année de presque un point, alors même qu'elle progressait déjà depuis plusieurs années. En « biotech' », les TB sont bons, et même très bons ! Cette année, nous n'avons eu aucun candidat au niveau manifestement très inadapté : le filtre des écrits fonctionne parfaitement. Seulement quatre candidats n'atteignent pas la moyenne : et encore, ils n'en sont pas si loin. Plus de quatre-vingt-quinze pourcents des candidats ont donc un niveau au moins acceptable en biotechnologies ; presque la moitié (la moitié !) des candidats ont 15/20 ou plus : les Écoles trouveront là un solide réservoir d'excellence qui assurera un recrutement de qualité.

Cette progression continue s'explique probablement par la synergie que nous soulignons depuis plusieurs années entre les étudiants qui travaillent cette discipline « cœur d'identité » de leur parcours scolaire de formation, les collègues de classe préparatoire qui assurent avec brio leur mission, et le jury qui depuis six ans maintenant affiche son ambition et ses exigences pour cette classe de TB à laquelle nous sommes attachés – le tout dans l'intérêt bien sûr du recrutement des Écoles. Nous avons produit un travail considérable tout au long de ces années pour ce jury : il fallait bien ça pour être à la hauteur des élèves et des classes de TB.

Tous les candidats s'expriment clairement, développent un raisonnement construit sur le sujet proposé, en faisant un effort de didactique dans leurs exposés, qui sont plaisants à écouter. Aucun ne refuse de livrer les efforts nécessaires et attendus ; dans l'entretien ils font preuve d'attention et d'esprit combatif. L'immense majorité dispose d'un *corpus* scientifique et théorique conséquent, de connaissances technologiques – analytiques et industrielles – réelles, et développent donc une dialectique solide : on sent poindre chez beaucoup d'entre eux le futur professionnel compétent et efficace.

A propos du jury et de l'épreuve

Notre jury continue de suivre le format d'épreuve proposé antérieurement, qui nous semble pleinement remplir les objectifs d'une évaluation visant au recrutement d'élèves ingénieurs et vétérinaires, c'est-à-dire des têtes bien remplies *mais aussi* bien construites, capables d'utiliser un large champ de connaissances pour les réinvestir sur des situations nouvelles ou alternatives.

A destination des futurs candidats, nous rappelons ici le format de l'épreuve : le candidat tire au sort un sujet (titre ou question), toujours accompagné d'un commentaire (explicatif et/ou directif) plus ou moins détaillé, et illustré de deux ou trois annexes (dessin, schéma, photo, résultats expérimentaux, description, procédure opératoire, etc.). Le candidat dispose de trente minutes de préparation sur brouillon et tableau, afin de présenter sur ce même tableau un exposé

en dix minutes environ (quinze maximum), suivi d'un entretien sur le temps complémentaire, le tout s'inscrivant donc dans la durée requise d'environ trente minutes *interludes* compris. Au cours de l'entretien, le jury reparaît le sujet et l'exposé, posant un certain nombre de questions pour repréciser un point, corriger une erreur ou compléter une omission, et approfondir les différents éléments abordés. L'entretien explore aussi systématiquement quelques autres points du programme, questions technologiques (dispositif, limite expérimentale, application industrielle, aspects quantitatifs, hygiène et sécurité, validation et témoins, etc.). En fin d'exposé, le jury part souvent explorer des points du programme très différents les uns des autres, dans un balayage rapide que les candidats gèrent globalement très bien.

Nos sujets sont depuis l'origine de nature très variable : sujets classiques presque de cours, ou à l'inverse sujets très intégratifs voire audacieux (relire le rapport 2017 sur ce sujet), en apparence donc de difficulté très inégale. En réalité, le jury est parfaitement conscient de cette iniquité de contenu, et ses exigences sont *de facto* toujours adaptées ; l'entretien complémentaire permet de rééquilibrer la séance : approfondissement poussé et large panorama du programme pour les sujets faciles, accompagnement didactique point par point pour les sujets plus difficiles – pour lesquels nous signalons d'ailleurs notre attachement : en effet, nous travaillons à satisfaire le recrutement des Écoles ; or il nous semble qu'un ingénieur (comme un vétérinaire d'ailleurs) doit être capable de faire appel « à la demande » aux connaissances scientifiques et technologiques solides qui sont les siennes, mais également de les réinvestir et de les transposer à des situations inédites. Par ailleurs, les collègues de classe préparatoire faisant fort honnêtement leur travail, et le niveau des candidats progressant, il importe au jury de garder une part d'innovation au risque sinon de ne plus pouvoir classer les candidats, ce qui demeure une des toutes premières exigences de la mission que les Écoles nous ont confiée. Ces sujets plus audacieux sont donc une bonne occasion de sonder les candidats, au-delà d'une simple capacité à emmagasiner et restituer un exposé proposé en cours de formation par son efficace professeur.

Par ailleurs, le « *mojo* » de notre discipline biotechnologique repose sur les applications (procédés industriels, méthodes d'analyse, innovation technique) qui en font tout le sel et l'intérêt, et constituent pour les Écoles la vraie plus-value de l'approche technologique de nos enseignements, et du profil de nos élèves. Les sujets qui dépassent le cadre d'une restitution théorique pour réinvestir ces connaissances sur une situation ambitieuse et inédite, concrète, sont donc selon nous une excellente opportunité de tester et mettre en valeur les élèves issus de TB.

Le jury tient donc compte de la difficulté du sujet dans le niveau de développement spontané attendu : un sujet complexe est ainsi l'occasion pour un candidat brillant de s'affirmer, mais n'est jamais pour autant l'occasion en soi d'une chute pour un candidat plus ordinaire dès lors qu'il a au moins essayé – ce qui manque sera proposé lors de l'entretien avec le jury. Un plan viable reposant sur les acquis du programme est par ailleurs toujours proposé dans l'énoncé de ces sujets difficiles. Que les candidats donc ne s'inquiètent pas d'un sujet atypique : malgré les apparences, l'évaluation reste toujours équilibrée, et juste ; tout ce qu'on leur demande c'est d'essayer – ce qu'ils font d'ailleurs tous ! Ce qui n'est pas du programme (réaction malolactique, antibiogramme, rumen...) n'est jamais évalué en soi mais n'est que le support au

réinvestissement du contenu du programme (comparaison, hypothèse...) : bref, « n'ayez pas peur ».

La durée de l'exposé n'est pas *en soi* un élément rédhibitoire et ne fait pas partie de l'évaluation en tant que telle – même s'il est évident qu'un exposé de 3 minutes sera plus pauvre et souvent moins pertinent *a priori* qu'un exposé de 12 minutes. Nous n'avons donc pas de grille « durée / points », mais un candidat a tout de même intérêt à chercher à remplir le sujet ; à titre indicatif, la majorité des candidats développent autour de 7-10 minutes. Concernant la structuration : le classique plan en deux ou trois parties est certes une valeur sûre compte-tenu du peu de temps disponible pour préparer, mais il n'est pas imposé ; cette année une candidate a développé un exposé sous forme d'une carte heuristique : comme cela était maîtrisé, le jury a validé le choix (attention cependant à ne pas en faire une règle : c'était *ici* un choix judicieux et *maîtrisé*...).

Après l'exposé, vient l'entretien. Les sujets difficiles sont reparcourus pas-à-pas afin de compléter ce qui n'a pas été perçu ou traité de manière erronée, et ce n'est alors pas un signe de catastrophe pour le candidat – surtout si accompagné sur les difficultés il approfondit « en direct » sa compréhension de la situation – mais au contraire l'opportunité de montrer sa capacité à raisonner. Les erreurs possiblement faites en cours d'exposé sont reconstruites – une erreur corrigée n'est plus une erreur et la démarche qui aboutit à la corriger est alors très intéressante pour évaluer le candidat. La philosophie du jury est constamment positive : il s'agit d'essayer de permettre au candidat de produire ce qu'il peut produire, plutôt que de chercher à tout prix les failles, d'ailleurs inévitables ; il n'y a pas de piège caché dans le sujet ni dans nos questions, dont beaucoup appellent des réponses fort simples. Une erreur ou un trou de mémoire n'est jamais rédhibitoire en lui-même. Un certain nombre de questions ouvertes sur des situations inédites sont posées pour sonder la capacité à émettre des hypothèses ou à réinvestir ses connaissances, et la réponse proposée par le candidat importe souvent moins que le raisonnement par lequel il y est parvenu – un candidat qui réfléchit, construit et argumente sa réponse n'est pas moins intéressant qu'un candidat qui la connaît d'avance par cœur. Les candidats peuvent « réfléchir à voix haute », s'emparer du tableau pour retrouver un raisonnement.

Cette année encore, comme toutes les précédentes, le jury a veillé continuellement à l'harmonisation de l'évaluation : les cas atypiques sont systématiquement discutés ; nous redisons que la moyenne spontanée et l'écart-type des deux membres du jury restent toujours très proches. S'agissant d'un concours, cette équité au moins statistique est un souci permanent de notre travail, afin qu'à la subjectivité inhérente à l'exercice ne s'ajoute pas un biais métrologique grossier.

Pistes d'amélioration

Conscient du rôle du jury dans l'élévation globale du niveau du concours, nous proposons ici comme chaque année quelques éléments d'amélioration :

- Péché d'orgueil ? Erreur de jeunesse ? Un écueil rencontré plusieurs fois cette année est à éviter : le hors-sujet « bourratif »... quelques candidats ont la tête bien remplie et cherchent absolument à nous le démontrer, « de gré ou de force », dans leur exposé, en

multipliant les ouvertures sur toutes les dimensions du programme. C'est bien, mais on finit quand même parfois par chercher le rapport entre la choucroute et le fragment de *Klenow*... il est arrivé que des candidats, dont le tableau était rempli à 150 % sur tous les domaines du programme (bravo !), n'aient cependant pas pris connaissance des informations contenues dans les trois lignes de légende des figures, et passent donc à côté d'évidences facilement accessibles dans le sujet ; on voit alors un élève probablement bon produire une prestation à peine moyenne. Pour certains de nos sujets qui se font écho entre eux on y voit parfois presque la main du collègue préparateur, qui a listé tous nos sujets par objet : le candidat répond au sujet qu'il a tiré (enzymologie) et au sujet « alternatif » (diagnostic génétique) autour du même objet, ce qui peut être très réussi mais aussi complètement raté... Attention donc à l'obésité des contenus : nos sujets, souvent roboratifs, se suffisent généralement en eux-mêmes, et les ouvertures doivent davantage ressembler à une galante sollicitation plutôt qu'au gavage industriel des canards.

- Nous annonçons depuis plusieurs années l'importance d'apprendre par cœur un nombre limité de connaissances clés, « supports » : on ne peut pas comprendre le génie de *Sanger* si on ne connaît pas la structure du désoxyribose, ni le fonctionnement des chaînes de transporteurs redox si on n'a pas conscience au moins du sens des potentiels. Voir des cycles de Krebs qui absorbent du CO₂ complique la comparaison avec la phase sombre de la photosynthèse. Etc. Bref : à l'heure d'internet nous ne demandons pas une connaissance exhaustive de l'intégralité des réactions métaboliques, mais tous les carrefours clés et les grands bilans doivent être connus, comme quelques grandeurs de thermodynamique chimique. Par cœur. Après plusieurs années de commentaires, nous avons cette année systématiquement posé une ou deux questions de ce type à chaque candidat.
- Un des points trop souvent obscurs que nous signalions aussi depuis plusieurs années portait sur les photosynthèses microbiennes : cette année nous avons tourné nos projecteurs sur le thème, et augmenté le nombre de sujets correspondants. La richesse de la microbiologie sur le sujet mérite qu'on l'incorpore à son bagage, et si le modèle « plante / cyanobactéries » est compris cela se fait assez facilement – oui les deux biologies sont complémentaires !
- La moitié des candidats continuent de ne pas manifester d'affinité pour Scatchard : si le calcul de démonstration est pénible (admettons-le), tout candidat devrait être capable de fixer suffisamment son attention au moins sur la représentation graphique et son exploitation, fort simple à apprendre. Il faut s'y coller !
- La notion d'activité enzymatique pose problème à une partie des candidats quand on rentre dans le sujet : unités, vitesse, k_{cat} , $[E]_0$... un certain flou règne, surtout si on pose la question de sa mesure au laboratoire. Nous signalons donc à nos très estimés collègues le besoin de ne pas négliger la dimension pratique (laboratoire) de l'enzymologie.

In hac lacrimarum valle, ne concluons pas que rien ne va – c'est plutôt le contraire ! Il faut répéter que si la moyenne augmente, c'est bien parce que nos commentaires produisent des effets notables : les carences sur la photosynthèse et Scatchard *Cf. Supra* nous semblent

nettement moins systématiques qu'il y a quelques années ; plus aucun candidat ne baisse les bras en cours de séance ; plus aucun ne présente de niveau indigent en biologie ; plus aucun ne se laisse aller à des raccourcis triviaux pour expliquer la biologie ; le nombre de candidats capables de formuler des hypothèses sur des sujets totalement imprévus ou d'utiliser leur culture générale scientifique pour élargir des réflexions est nettement croissant... bref, bien que l'usure des années fasse peu à peu son effet, ce jury fut encore fort agréable et nous y avons pris plaisir ; les candidats nous ont bien plu et méritent de réussir, et nous leur souhaitons une vie heureuse au sein des Écoles qui feront un choix judicieux en les recrutant.

Liste des sujets effectivement tirés, et commentaires corrélés

Comme d'habitude et depuis l'origine, le jury est transparent dans son travail. Nous présentons ici comme chaque année les titres des sujets réellement tirés par les candidats cette année – d'autres sujets pouvaient avoir été prévus sans être sortis, car en effet nous prévoyons systématiquement un peu plus de sujets que de candidats, afin que tous puissent tirer au sort. Nous équilibrons sur la journée et sur la semaine la diversité des sujets, afin que l'ensemble du programme soit traité de manière équilibrée. La liste suivante n'est qu'une liste de titres : derrière un même intitulé se "cachent" éventuellement deux sujets différents, parfois divergents. Nous partageons totalement la banque de sujets et un sujet identique peut donc sortir une fois chez l'un une fois chez l'autre ; nous entretenons également notre plaisir et un sujet peut donc être resélectionné par le même jury. Enfin, nous assumons le côté « disruptif » (le terme est à la mode...) de certains titres : le contenu, lui, est toujours clair, et très balisé.

À la conquête de Mars

Analyse de biomarqueurs sanguins sur puce microfluidique

Arsenic et vieilles dentelles

Caractérisation de deux invertases

Caractérisation de souches de *Klebsiella pneumoniae*

Comparaison de diverses méthodes de dénombrement de *E. coli*

Comparaison de la réaction malolactique aux réaction du programme

Contrôle par spectrophotométrie d'une purification d'ADN

CRISPR-Cas9, outil du "genome editing"

Détection du dopage à l'EPO

Détermination de l'activité enzymatique

Diagnostic de la LMC

Éclairages sur le potentiel de la photosynthèse

Étude comparative de deux enzymes

Étude de deux étapes majeures de la production de la bière

Étude d'une protéine par des anticorps polyclonaux

Étude structurale et fonctionnelle de la RNase A

Études *ex vivo* des grandeurs cinétiques d'un transporteur du glucose

Évolution du séquençage de l'ADN

Hybridation *in situ*

Identification du Streptocoque A

Inhibition de la coagulation par l'hirudine
Interaction des protéines et de l'ADN
Interaction protéine-ligand
Interactions protéine-ligand et stéréospécificité
La catalyse enzymatique
La PFK1
La réplication de l'ADN
La structure des protéines membranaires
L'ADN polymérase I d'*E.coli* : structure, fonction, et applications en génie génétique
Les AVK : un exemple d'inhibition enzymatique
Le clonage de l'EPO
Le clonage du gène de l'hirudine
Le fragment de *Klenow*
Le NAD(H)
Le noyau bêta-lactame et l'inhibition enzymatique
Le plastique, c'est fantastique
Le rumen de la vache, un bioréacteur naturel
L'électrosynthèse microbienne
L'ensilage du fourrage
Les bêta-lactamases, un enjeu thérapeutique
Les enzymes immobilisées
Les méthodes d'identification des microorganismes
Les piles à enzymes
Les piles microbiennes
Les procédés de conservation des aliments
Les propriétés acido-basiques des acides aminés
L'hémoglobine, un modèle de régulation allostérique
Liaison chaude, liaison froide
Liaison peptidique et structure des protéines
L'iPCR
Lumières sur les photosynthèses microbiennes
Obtention d'une banque d'ADNc
Production d'éthanol par la levure
Production de fromages et protéines
Production des fromages et métabolismes bactériens
Purification d'ADN plasmidique
Purification de protéines et suivi de purification
Purification des protéines et suivi
Purification des protéines par chromatographies
Purification et caractérisation d'un plasmide
Purification et caractérisation d'une cellulase recombinante
Purification et mesure de l'activité d'une topoisomérase
Quantification des populations microbiennes

Quelques méthodes d'identification des microorganismes

Recherche d'empreintes génétiques par PCR

Scatchard

Séparation de biomolécules par électrophorèse sur gel

Suivi d'une réaction de PCR en temps réel

Techniques de séparation des acides aminés

Traitement de la LMC

Un exemple de diagnostic par *mini-array*

Un exemple de kit CRISPR-Cas9 "*Tout-en-un*"

Un exemple de système de clonage pour ADNc humain

Un exemple de vecteur de clonage chez *E.coli*

Une enzyme à deux substrats

Une enzyme qui "fume" le PET

Une enzyme servant d'étiquette de fusion

Une histoire du séquençage des génomes

Une stratégie de séquençage génomique

Une stratégie de séquençage chez l'homme