

BIOLOGIE 2.0
EPISODE 3
SCRIPT

03 00 07 00 NARRATEUR

De la cellule à l'organisme, de la molécule à l'écosystème, le vivant foisonne...
Jusqu'ici la Biologie s'est attachée à l'observer, pour mieux le comprendre, le maîtriser, voire même l'utiliser.

Aujourd'hui des chercheurs veulent inventer et fabriquer de nouveaux organismes, bref, synthétiser le vivant.

C'est le pari d'une nouvelle techno-science, la Biologie de synthèse.

Une biologie 2.0, qui promet de résoudre tous nos problèmes.

S'agit-il d'une nouvelle et ultime révolution industrielle ?

Ou est-ce le contraire ? En touchant au vivant dans de telles proportions, ne prenons-nous pas des risques inédits ?

Et c'est pour répondre à ces questions que je suis parti à travers le monde, pour rencontrer les plus grands chercheurs dans le domaine... pour apprendre, découvrir, jusqu'à parfois ne plus rien comprendre.

03 01 05 00 JAY KEASLING

I envision a day when if you want to produce a particular product you might custom build a cell for it.

Le jour viendra où pour obtenir une substance chimique particulière, nous fabriquerons sur-mesure la cellule qui la produira.

03 01 14 00 ED YOU

There are so many capabilities - We want to ensure that we leverage only the benefits, and we try to identify any security vulnerabilities or risks, to mitigate them.

Il y a un tant de possibilités, et on veut être sûr de n'en retirer que des bénéfiques, alors on essaye d'identifier la moindre faille ou les moindres risques, pour les atténuer.

03 01 24 00 JIM THOMAS

Since this is gonna be so powerful, since it's gonna have such wide impacts, let's slow down, let's think carefully, let's put a bit of a pause on commercializing these technologies.

Si cela permet autant de choses, et si cela doit avoir des répercussions aussi importantes, ralentissons, prenons le temps de réfléchir avant de commercialiser ces technologies.

03 01 37 00 NARRATEUR

Ma première surprise est de découvrir que des applications sont déjà à l'étude voire même très avancées. Elles ne sont pas nombreuses, mais elles promettent beaucoup. Elles promettent d'inventer...

...ce que la Nature n'aurait jamais fait.

Etonnant...non ? En tout cas Tout de suite ça excite ma curiosité...

Je tombe par exemple sur l'histoire d'un scientifique américain qui près de San Francisco utilise une levure, cet étonnant champignon unicellulaire, pour produire une molécule contre la malaria.

Direction la côte Ouest des Etats-Unis...

Une levure...c'est pour faire du pain, ou de la bière...

Et bien justement ce n'est pas dans un laboratoire que m'a fixé rendez-vous ce chercheur mais dans une micro-brasserie.

03 02 25 00 IN

JK : Welcome!

Bienvenue!

03 02 30 00 JAY KEASLING

My name is Jay Keasling. I'm a professor at the University of California Berkeley, I'm also CEO of the joint Bioenergy Institute in Emeryville, California.

Je m'appelle Jay Keasling. Je suis professeur à l'université de Californie à Berkeley. Je suis également le PDG du Joint BioEnergy Institute à Emeryville, en Californie.

03 02 42 00

My definition of synthetic biology is the engineering of biology, manipulation of biological systems to accomplish some goal.

Je définis la Biologie de synthèse comme l'ingénierie de la biologie, la capacité de manipuler des systèmes biologiques pour remplir une fonction précise.

03 02 53 00 NARRATEUR

Jay Kiesling est l'une des stars de cette discipline émergente.

Tout en me décrivant étape par étape le processus de fabrication de la bière, Jay Kiesling me raconte qu'il s'est fait connaître pour ses recherches sur l'artémisinine, une molécule découverte dans les années 1970 pour lutter contre la malaria.

Jusqu'à présent cette molécule était extraite d'un petit arbuste rare, qui ne pousse que dans quelques régions du monde.

Jay Keasling a trouvé une autre manière de la produire, en modifiant le génome d'une levure.

03 03 27 00 JAY KEASLING

We've taken the genes out of the plant that naturally produces artemisinin, and put them into yeast. And so, it's just like brewing beer.

You put the yeast in a vat with water, and sugar, and some other nutrients, and the yeast grows up, and rather than spitting out ethanol, as it would in making beer and wine, it spits out artemisinic acid, a precursor to artemisinin.

And then we use a process and it transforms from artemisinic acid into artemisinin.

Nous avons pris les gènes de la plante qui produit naturellement l'artémisinine, et nous les avons implantés dans la levure.

Ensuite, c'est exactement comme brasser de la bière.

Vous mettez la levure dans des fûts, avec de l'eau, du sucre et d'autres nutriments ; la levure se met à croître, et plutôt que de fabriquer comme d'habitude de l'éthanol, en faisant de la bière et du vin, elle fabrique de l'acide artemisinique, un précurseur de l'artémisinine.

On utilise ensuite un procédé qui transforme l'acide artemisinique en artémisinine.

03 04 10 00 NARRATEUR

Cette fois heureusement c'est encore de la bière qu'il me fait goûter.

Mais à l'écouter ça semble si simple...fabriquer une nouvelle levure et lui donner un rôle auquel la nature n'aurait jamais pensé. Moi ça me fait tourner la tête. Ou alors c'est la bière.

En tout cas lui, je ne pense pas que ce soit en buvant des bières que cette idée lui soit venue.

Effectivement il m'emène sur le Campus de l'Université de Californie à Berkeley, où il a fait ses premiers pas, à une époque où la biologie de synthèse n'existait pas encore.

03 04 36 00 JAY KEASLING

I was fascinated with genetics, this is why I got into biology and why I took an engineering route. So when I started it as an assistant professor I realized that we didn't have tools available to readily engineer metabolism inside cells. And so I started projects with my students on developing tools for metabolic engineering.

La génétique m'a toujours fasciné. C'est pour cela que j'ai fait de la biologie et de l'ingénierie.

J'ai commencé comme professeur adjoint. Très vite, j'ai réalisé que je n'avais pas grand-chose comme outil pour modifier le métabolisme des cellules. Alors avec mes étudiants, j'ai lancé des recherches pour développer des outils dans ce but.

03 05 03 00

But you can't just develop tools and not use them for something, not prove that they are going to be useful. And I decided, you know, I should better think about some applications for these tools.

Mais on ne peut pas développer des outils sans les utiliser. Il faut prouver qu'ils peuvent servir à quelque chose. J'ai donc réfléchi dès le départ à leurs applications pratiques.

03 05 16 00 JAY KEASLING

So we started looking for applications and we found artemisinin

Et en réfléchissant sur les applications possibles, nous sommes tombés sur l'artémisinine.

03 05 26 00 JAY KEASLING

I knew about malaria from my microbiology course in college. Knew nothing about artemisinin. and we looked into it and we said, boy, I think we can produce this or at least a precursor to this.

03 05 46 00

At the end of 2004 we had a 42 million dollar grant from Bill and Melinda Gates foundation to finish off the process, to engineer a microbe to produce the product, and then licence it out to a company.

J'avais étudié la malaria en cours de microbiologie à la fac, mais je ne connaissais rien à l'artémisinine.

Nous nous sommes dit que nous pourrions en produire, ou tout du moins produire quelque chose qui y conduit.

Fin 2004, la fondation Bill et Melinda Gates nous a offert une bourse de 42 millions de dollars pour finaliser nos recherches et mettre au point un microbe producteur d'artémisinine, destiné à une entreprise pharmaceutique.

03 06 04 00

Everything moved, in retrospect, pretty quickly, when you're in the process you think can't we move this faster, can't we move this faster, there's people dying!

Avec le recul, on se dit que tout s'est passé très vite, mais sur le moment, on voulait aller encore plus vite, car il y avait des gens en train de mourir.

03 06 12 00

And now (in 2014), there's a large scale process for producing it. They produced on the order of 60 tons of the material which is enough for a hundred and twenty million people.

Ce produit est fabriqué à grande échelle, jusque 60 tonnes par an, de quoi traiter 120 millions de personnes.

03 06 27 00 NARRATEUR

Pari gagné. « Designer » le vivant, comme on le ferait pour une machine... reste à comprendre comment c'est possible... et pour cela il faut revenir aux outils de base de la Biologie de synthèse : utiliser, combiner les fonctions que codent l'ADN. Jay Keasling m'explique que pour comprendre il faut d'abord se souvenir que chaque organisme, chaque cellule vivante a une ou plusieurs fonctions.

Certaines cellules aident à la digestion, d'autres convertissent la lumière en énergie pour les plantes, ou transforment le sucre en alcool comme le fait la levure, surprenant petit champignon unicellulaire ...

Mais ces cellules, comment connaissent-elles la nature du travail qu'elles doivent accomplir ? Elles ont tout simplement un mode d'emploi, un programme, inscrit dans leur noyau : C'est leur génome.

Le génome, c'est le livre de la vie : il décrit l'ensemble des fonctions d'un être vivant.

Ce génome, ce livre est composé de chapitres - on les appelle des chromosomes.

Ces chromosomes sont eux-mêmes composés de gènes. Ce sont les phrases du livre. Chaque gène - chaque phrase donc - se lit comme une instruction. L'ensemble des gènes, disent à la cellule ce qu'elle doit faire.

Et tout cela est écrit avec un alphabet, l'ADN, composé par les fameuses molécules A - G - T - C , pour Adénine, Guanine, Thymine, Cytosine, toujours organisées par paires, le A avec le T, le C avec le G, on les appelle les paires de base.

Les gènes se transmettent de génération en génération à l'identique, ou se modifient pour répondre à de nouvelles fonctions nécessaires, de nouveaux besoins de la cellule pour survivre.

Et si on sait les modifier, les assembler, on sait en transformer les fonctions des plus simples aux plus complexes. On peut alors imaginer créer des combinaisons utiles que la nature n'a jamais tentées par le biais de l'évolution. Jay Keasling avec l'histoire de l'artémisinine, a démontré que c'était faisable et industrialisable. Il a transformé une cellule en usine chimique produisant des molécules actives.

Et ce concept a permis à la Biologie de Synthèse de contourner les problèmes qui limitaient auparavant les capacités de production.

03 09 00 00 JAY KEASLING

There are many advantages of producing a drug through microbial fermentations rather than having to extract it from a plant.

One of the challenges with a plant is that it takes a significant amount of time between the time that farmers get seeds and companies decide how much they really want in contract with those farmers.

The farmers get the seeds, plant them, harvest it, get the molecule, the extraction to the pharmaceutical company and then they derivatize it and put it into the drugs.

Il y a de nombreux avantages à produire un médicament par fermentation microbienne plutôt que d'avoir à extraire d'une plante.

Un des problèmes avec la technique traditionnelle, c'est le temps perdu entre le moment où les paysans ont les semences et celui où les industriels leur passent commande du volume qu'ils souhaitent.

Les agriculteurs doivent en effet acheter les semences, planter, récolter, puis les sociétés pharmaceutiques doivent extraire la molécule de la plante, et la transformer en médicament.

03 09 33 00

That process takes somewhere around 14 months to two years. And because of those long time scales, there's been large swings in the price and availability of artemisinin. It swung anywhere from about 200 dollars a kilogram to over 1100 dollars a kilogram. And what that means is that when the price is high, people in the developing world can't afford it. When the price is low farmers don't want to plant it because they can't make a profit so they switch to other crops.

C'est un processus qui peut prendre entre 14 mois et 2 ans. C'est beaucoup. Et cela crée des fluctuations sur les prix et les quantités disponibles. Ainsi, le prix de l'artémisinine peut varier de 200 dollars le kilo à plus de 1100 dollars... Quand les prix flambent, les pays en voie de développement n'ont pas les moyens d'en acheter. Quand les prix chutent, les cultivateurs préfèrent se consacrer à une autre culture plus rentable.

03 10 10 00 NARRATEUR

Jay Keaslingou moi ou les agriculteurs du tiers-monde, nous sommes tous les mêmes...Quelle que soit l'invention, même d'avant-garde, nous voulons aussi qu'elle soit rentable.

Jay n'est plus seulement un chercheur. Aujourd'hui pour beaucoup c'est d'abord un entrepreneur. Autour de son idée il a monté une entreprise, il a également été appelé à diriger une autre le JBEI, ce laboratoire cofinancé par des entreprises et le gouvernement américain. A-t-il oublié en route ses belles idées pour sauver le monde ?

03 10 34 00 JAY KEASLING

I believe strongly in the well regulated capitalistic system but you know we have this system that gets products out to people.

Je crois au bien-fondé d'un capitalisme régulé. C'est un système qui nous a permis d'offrir de nombreux produits aux gens.

03 10 43 00

The company won't make any profit out of this anti-malaria drug. In fact the University of California which holds the patents to my work gave the process away for free. We'll make a profit on something else that doesn't have to do with the developing world. I don't think that the non-profit model works for everything, right?

L'entreprise ne fait pas de profit avec les médicaments contre le paludisme. L'université de Californie, qui détient le brevet sur mes travaux, a gracieusement cédé la licence du procédé industriel. Mais nous gagnerons de l'argent avec quelque chose qui n'a rien à voir avec les pays en voie de développement. Je ne pense pas que le modèle non-lucratif fonctionne pour tout.

03 11 08 00

What the company gets out of it is a well honed organism that produces artemisinin acid. But you can make a few changes in its genetic make-up now and it will make many other things. This is really a core demonstration of the power of synthetic biology. You build a platform and it can do many things.

Et d'ailleurs l'entreprise reste gagnante, car certes elle a élaboré un organisme qui produit de l'acide artemisinique. Mais il suffit de faire quelques modifications dans sa composition génétique pour lui donner d'autres applications. On voit bien ici tout le potentiel qu'offre la biologie de synthèse. On crée une plateforme extrêmement polyvalente.

03 11 29 00

Just like a computer, you can use a computer to write a document, a book, to give a presentation to an audience. You can use it to control the heating system in a building so it's optimized. You can also use it to control some of the circuits in a car. Computers have many uses just like some of these platform organisms will have many uses.

C'est comme un ordinateur...vous pouvez l'utiliser pour écrire un document, un livre, ou faire une présentation en public, mais aussi pour réguler et optimiser le chauffage d'un immeuble, ou commander les circuits électroniques de votre voiture. Les ordinateurs peuvent servir à beaucoup de choses, tout comme nos organismes de base.

03 11 58 00 NARRATEUR

C'est avec ces autres applications dérivées de la même plateforme que celle qui sert à fabriquer l'artemisinine que Jay Keasling compte gagner de l'argent.

03 12 10 00 JAY KEASLING

It turns out that I can apply that to many things: to producing drugs, to producing flavors and fragrances for ice-cream and for perfumes. I can apply it to produce say fuels that would be carbon-neutral, to producing the precursors to carpet, that is produced in an environmentally friendly way that maybe has different characteristics. So, my science is extremely narrow. But I can apply it to many different things.

En réalité, il peut y avoir de nombreuses applications... comme la production de médicaments, ou de saveurs alimentaires et d'arômes pour les glaces et les parfums. On peut s'en servir pour produire du carburant avec un bilan carbone neutre...ou pour produire des molécules de base qui serviront à fabriquer de façon écologique des tapis, ou à les fabriquer avec d'autres caractéristiques spécifiques. Donc ma science est très focalisée mais elle a de nombreuses applications.

03 12 52 00 NARRATEUR

En écoutant Jay Keasling je m'interroge sur l'avenir de la Biologie de Synthèse. Sera-t-elle la nouvelle révolution industrielle tant attendue...Certains l'affirment déjà.

03 13 04 00 JAY KEASLING

We've got a long way to go. I'd say that we're still in the very early stages of what we'll eventually be able to do with synthetic biology.

Il y a encore beaucoup de chemin à faire. Nous n'en sommes qu'aux balbutiements de la biologie de synthèse.

03 13 13 00

Right now, we use microbes, that have been demonstrated by industry to be scalable. We can build chromosomes, and people can claim that it's a new life form, but for the most part they're copying what nature gave us and making some changes in the DNA. Wholesale re-engineering of an organism, that's still many years off.

Pour le moment, nous utilisons des microbes que nous avons faits évoluer et avec lesquels il est possible de passer à l'échelle industrielle. Nous savons fabriquer des chromosomes spécifiques. Certains vous diront que c'est une nouvelle forme de vie,

mais ce n'est ni plus ou ni moins qu'une façon de copier ce que la nature nous a donné, en faisant quelques changements dans l'ADN. Il faut compter encore de nombreuses années pour qu'on soit en mesure de réécrire entièrement un organisme.

03 13 39 00

I envision a day when, if you want to produce a particular chemical or a particular product, you might custom-build a cell for it.

Le jour viendra où pour obtenir une substance chimique particulière, nous fabriquerons sur-mesure la cellule qui la produira.

03 13 54 00

I'm hoping that we'll have plants in the environment that can help clean up the environment. Maybe they will sequester the carbon from the atmosphere better or that will degrade contaminants that have been accidentally spilled in the environment.

J'espère que nous aurons un jour des plantes qui nous aideront à nettoyer notre environnement, peut-être qu'elles pourront mieux absorber le carbone de l'atmosphère, qu'elles pourront dégrader les produits polluants qui ont été accidentellement relâchés dans la nature.

03 14 22 00 NARRATEUR

En attendant, l'une des applications phares de la levure de Jay Keasling concerne justement une autre des préoccupations majeures de la planète... Assurer son approvisionnement énergétique, et de manière plus propre.

Comme me l'affirme Jay, peu de molécules offrent un ratio énergie/volume/simplicité aussi performant que celles du pétrole. Il faudra donc en trouver d'autres, moins polluantes. Et là, pour lui, la biologie de synthèse permettra potentiellement de sortir d'une économie basée sur le non renouvelable à une économie basée sur des ressources inépuisables.

Pourquoi ne pas imaginer faire produire par un organisme vivant ce que la nature n'aurait jamais imaginé lui faire faire... du carburant directement... en lui donnant juste du sucre ou autre chose à manger... Plus besoin de pomper ou de raffiner... Juste de tirer le carburant, comme on tire de la bière.

Et bien ça existe déjà et un des nombreux laboratoires qui travaille là-dessus se trouve en fait juste en dessous de celui de Jay Keasling, dans le même immeuble d'Emeryville...

J'ai rendez-vous là-bas avec Joel Cherry, le directeur de recherche.

03 16 11 00 JOEL CHERRY

I am Joel Cherry. I'm the president of research at 'Amyris', here in Emeryville, California. We're a bioscience company that engineers microbes to produce hydrocarbons, primarily.

Je m'appelle Joel Cherry et je suis directeur de recherches chez Amyris, ici à Emeryville, en Californie. Notre entreprise travaille dans les biosciences et nous concevons des microbes qui produisent principalement des hydrocarbures.

03 16 28 00 JOEL CHERRY

The two that are currently on the market is a diesel fuel, called farnesene and the emollient called 'squalene', which is a dimer of 'farnacine'.

Parmi ceux qui sont commercialisées, il y a un carburant, un diesel, appelé « farnésène » et un émollient appelé « squalène ». Le squalène est un dimère du farnésène.

03 16 39 00 JOEL CHERRY

If you smelled Farnesene you would recognize the smell, but you probably wouldn't be able to guess where it came from. It's produced in nature from a wide variety of plants, and it's particularly concentrated in the skins of green apple. If you walk through our labs when we have lots of fermenters running, producing farnesene, you get a slight smell of green apple.

Quand vous sentez du farnésène, l'odeur vous est familière, même si vous avez du mal à dire à quoi ça vous fait penser. Ce produit, on le retrouve naturellement dans de nombreuses plantes, et il est particulièrement concentré dans la peau de la pomme verte. Quand on traverse le laboratoire et que les fermenteurs produisent le farnésène sont en marche, ça sent un peu la pomme verte.

03 17 01 00 IN

JC : *It looks like this. It's the fermentation...*

Ça ressemble à ça. C'est la fermentation...

CA : *And that's farnesene.*

Et ça c'est du Farnésène

JC : *And it smells like ...green apple*

Et ça sent... la pomme

CA : *OK*

OK

03 17 16 00 NARRATEUR

Le farnésène est une promesse intéressante. Mais chercher à le produire à partir de la peau des pommes vertes serait délirant : pour obtenir un seul litre de farnésène il faudrait sacrifier environ 100 000 pommes. C'est là que la biologie de synthèse change la donne.

Comme Jay Keasling est resté assez évasif sur la manière dont il transforme sa levure, je demande à Joel Cherry de m'en dire un peu plus sur les techniques utilisées pour modifier le métabolisme de la cellule et lui faire produire autre chose que ce que son génome prévoyait à l'origine.

03 17 44 00 JOEL CHERRY

Converting a yeast strain into a farnesene producing strain really only requires the insertion of one new gene that encodes one enzyme that makes farnesene.

We do that by reprogramming the yeast. We change the typical route that they take sugar, which is through ethanol, And we re-route that production so that the carbon that the yeast eat, the sugar that they eat, gets converted into the products that we want.

We rewrite the programming inside the yeast cell using DNA. And we introduce DNA from either synthetic DNA or DNA from other organisms.

La conversion d'une souche de levure en souche productrice de farnésène ne nécessite l'insertion que d'un seul gène, le gène qui code l'enzyme fabriquant le farnésène.

Nous faisons cela en re-programmant la levure. Nous changeons la transformation habituelle du sucre vers l'éthanol, en dérivant cette production pour que le carbone, le sucre, que la levure consomme, aboutisse au produit que nous voulons. Nous réécrivons le programme de la cellule de levure avec de l'ADN. Pour cela, nous introduisons soit de l'ADN synthétique, soit de l'ADN provenant d'un autre organisme.

03 18 27 00 NARRATEUR

Enzyme, codage, gène, ADN synthétique... Pas sûr que cela soit très clair. Déjà il faut que j'intègre qu'il y a du carbone dans le sucre...

Alors pour me faire bien visualiser ce délicat travail de reconstruction effectué à l'échelle nanométrique, Joel décide de m'expliquer les choses dans des proportions plus familières ; il m'entraîne dans les couloirs techniques de l'immeuble.

03 18 50 00 JOEL CHERRY

If you think of a cell as a very complicated building with a plumbing system, the incoming pipe is sugar. The pipes inside a building go all kinds of places. What we really are doing is trying to pinch-off specific pipes in that building and direct the flow of that carbon, the sugar, into a specific place.

Imaginons qu'une cellule soit comme un bâtiment très complexe, équipé d'un vaste système de canalisation. Le tuyau d'arrivée contient du sucre, et il y a des tuyaux qui courent dans tout le bâtiment. Ce qu'on fait, c'est qu'on détourne certains tuyaux pour diriger le flux de carbone, de sucre, vers un endroit déterminé.

03 19 15 00 JOEL CHERRY

What we're doing when we're pinching off these pipes and trying to maximize flow of the carbon from the sugar into farnesene, is we're decreasing the amount of carbon that goes into the yeast cell for things we don't think it really needs, and increasing the flow of the carbon into farnesene.

We're the plumbers. And we have a very complicated building, where we have 50% - 70% idea of where all the pipes go. We don't see all the connections and there's still rooms that we don't understand.

En détournant ces tuyaux pour maximiser le flux de carbone issu du sucre, pour obtenir du farnésène, nous réduisons la quantité de carbone qui alimente habituellement la levure pour d'autres besoins qui nous semblent inutiles.

Nous sommes des plombiers et nous travaillons dans un bâtiment très complexe, dont nous ne connaissons que 50 ou 70% du réseau de tuyauterie. Nous ne voyons pas toutes les connexions, et il y a dans l'immeuble des pièces dont nous ignorons la fonction.

03 19 50 00 NARRATEUR

Incroyable. Tout cet équipement, tous ces investissements, tous ces gens qui travaillent à la fabrication de ce fameux produit, le farnésène—et Joel Cherry mon plombier qui m'avoue ne pas connaître la moitié de ce qui se passe réellement à l'intérieur d'une cellule

Ça ne l'empêche pas de faire, avec son équipe, des progrès constants, et d'arriver à augmenter peu à peu sa production.

03 20 19 00 JOEL CHERRY

What we're talking about is really designing the product we want to make, outside the cell, using computer assisted design tools. And then using a collection of parts that is all the DNA that's been sequenced or the instruction manual that's been read so far, to construct outside the cell, what it would look like. And then combine those pieces using the tools of genetic engineering. So it's really transitioning from a very artisanal or craftsman approach to an industrial approach.

En réalité, notre produit final est élaboré en dehors de la cellule, en utilisant de la conception assistée par ordinateur. On utilise des éléments provenant de banques de séquences d'ADN déjà décryptées, c'est à dire de manuels d'instruction des cellules que l'on a réussi à déchiffrer et on détermine les caractéristiques de la cellule que nous voulons construire. Nous combinons alors ces différents éléments grâce à des outils d'ingénierie génétique. Nous passons ainsi d'une approche très artisanale à une approche industrielle.

03 20 58 00

And the net result is we end up with this, with a system that uses the engineering cycle which is: design, build, test and learn. And we run that cycle recursively, over and over again, iteratively, to make minor improvements on the original design.

Au bout du compte, on aboutit à un système fonctionnant selon les principes de l'ingénierie, à savoir : conception, fabrication, test, apprentissage. Et nous reproduisons ce cycle de façon itérative, encore et encore, pour améliorer petit à petit le concept de départ.

03 21 18 00

In synthetic biology, we're applying standardized parts, processes and tools, so that we can automate many of the steps we take when we're engineering organisms, much like we use when we engineer and build a car.

En biologie de synthèse, nous utilisons des éléments standardisés, des procédés et des outils afin d'automatiser la plupart des étapes nécessaires à l'élaboration d'organismes, un peu à la manière des chaînes de fabrication d'une voiture.

03 21 37 00

The aim of the research is to maximize production. And we want to maximize the efficiency by which yeast convert sugar into our final product. How much farnesene is made per gram of sugar fed. They can make more than twice their cell weight in a few hours.

Le but de la recherche est de maximiser la production. Nous voulons accroître le rendement de la conversion du sucre en produit final, c'est à dire augmenter la quantité de farnésène produite par gramme de sucre consommé. Les cellules de levure peuvent produire plus de deux fois leur poids en quelques heures.

03 21 57 00 NARRATEUR

Dans ces petites fioles se trouvent les levures les plus performantes que son équipe soit parvenue à mettre au point, après avoir amélioré de plus en plus finement les capacités de ces organismes modifiés. Grâce à eux, Joel Cherry est maintenant prêt à passer du laboratoire à la production sur une échelle beaucoup plus grande.

03 22 13 00 IN

JC : *This is what will go to Brazil*

Voilà ce qui doit partir pour le Brésil.

03 22 18 00 NARRATEUR

Le Brésil ?! J'adore... Joel m'a donné rendez-vous à des milliers de kilomètres de la baie de San Francisco, dans une petite ville au cœur de la province de Sao Paulo. Je retrouve Joel Cherry au beau milieu de plusieurs hectares de champs de cannes à sucre, et partout flotte dans l'air une vague odeur de pomme. Rien d'étonnant, puisque c'est là que se trouve l'usine de fabrication de son carburant. Pratique : la levure gloutonne qu'il a ramenée de Californie va avoir ici toute la nourriture nécessaire pour se reproduire et se mettre au travail.

03 23 01 00 JOEL CHERRY

Because it's a growing organism, you just need a little bit and you can grow it into a giant 200.000 litre tank in Brazil and it makes product. We have a plant with a capacity of about 40 million litres per year. It is built right next door to a giant sugar mill. And in between our plant and a sugar mill runs a big pipe, and that pipe carries sugar cane which gets fed directly into a giant steel tank that is called the fermenter.

Parce que c'est un organisme vivant qui se multiplie, il en faut peu au départ ; on le cultive dans des réservoirs géants de 200 000 litres ici au Brésil, où la production se fait. Notre usine a une capacité d'environ 40 millions de litres par an. Nous l'avons implantée juste à côté d'une sucrerie. Un énorme tuyau relie notre usine à la sucrerie. Ce tuyau déverse le sucre de canne directement dans une cuve en acier qu'on appelle le fermenteur.

03 23 33 00

All we do is add our yeast cells to that fermenter, with a few vitamins, and allow it to grow.

And it grows for a couple of weeks. It's constantly being fed sugar, and we are constantly removing product from the tank.

While that fermenter is growing, we have 3 layers form inside the fermenter. The bottom would be the solid yeast cells, the middle would be the sugar juice, that

doesn't have any sugar anymore, so it's mostly water, and then the top layer is the oil.

We can separate first the cells and then the water from the oil, and we end up with a product that's about 95% one-molecule farnesene, that can be distilled into a product that's about 98 / 99% pure. So it's a really simple process.

Tout ce que nous avons à faire, c'est de mettre dans le fermenteur nos cellules de levure avec quelques vitamines. Nous laissons la levure se développer pendant deux semaines. D'un côté, nous l'alimentons régulièrement en sucre, et de l'autre, nous retirons le produit fabriqué.

Dans le fermenteur, trois couches se forment.

Les cellules de levure se déposent au fond. Puis au milieu on a le jus de sucre. Comme il n'y a plus de sucre, c'est plus ou moins de l'eau. Et enfin, tout en haut, on a le carburant.

On sépare la levure, l'eau et le carburant, et on se retrouve avec un produit composé à 95% de farnésène, on le distille pour obtenir un produit pur à 98 ou 99%. C'est vraiment un procédé simple.

03 24 42 00 NARRATEUR

Est-ce qu'au moins le carburant produit ici va pouvoir rapidement concurrencer, puis remplacer le pétrole ?

Pas vraiment. Pas tout de suite.

Le pétrole reste toujours bien moins cher à produire que le farnésène, dans un rapport de un pour sept, et ceux qui tirent profit des énergies fossiles ont encore de beaux jours devant eux.

Aujourd'hui, seuls quelques bus roulant au farnésène circulent dans les rues de Sao Paulo

Mais cela ne durera pas : le jour où le prix du pétrole augmentera, les entreprises dans le domaine de l'énergie se tourneront toutes vers le biofuel à toute vitesse. Elles le savent bien, et c'est pourquoi elles investissent toutes déjà dans la biologie de synthèse.

C'est pour le moment grâce aux produits cosmétiques que l'entreprise de Joel Cherry trouve des débouchés rentables.

Et ce serait aussi ça la Biologie de Synthèse rendre le rare et le précieux accessibles au plus grand nombre.

Mais aujourd'hui la rentabilité est difficile à trouver, et d'ailleurs en terme économique, les chiffres officiels sont eux aussi difficiles à trouver. Aucun expert financier ne se risque à des prévisions hasardeuses sur la valeur globale du marché de la biologie de synthèse.

Une société comme Evolva en Europe a développé des cellules capables de produire la molécule du safran si convoitée depuis des millénaires. Pour avoir un kilo de safran il fallait jusqu'à présent récolter 200 000 crocus et aujourd'hui une simple cuve à fermentation permet d'en produire autant.

La même entreprise, Evolva, mise encore sur le Resveratrol, molécule contenue dans le vin rouge et à laquelle certaines études prêtent des effets bénéfiques sur la longévité des mammifères. Mais pour atteindre le seuil d'efficacité il faut boire six bouteilles par jour, ce qui n'est pas non plus sans conséquences sur la longévité du mammifère en question.

Avec La Biologie de Synthèse, plus besoin de boire pour vieillir plus lentement...

Et tout ça, toutes ces promesses, tous ces produits voient le jour juste dans une cuve à fermentation qu'on pourrait presque tous bientôt avoir chez soi...

Pour les chercheurs mais aussi pour les étudiants, le graal c'est de trouver la bonne combinaison de gènes, la bonne formule, pour concevoir la cellule fabriquant le produit rare et précieux. Et là ce serait le jackpot.

La biologie de Synthèse envisage d'autres manières de produire, d'autres manières de rechercher, hors des sentiers battus. Et même à la maison, dans son garage.

C'est justement le projet de Thomas Landrain. Et de son labo pas comme les autres : La Paillasse, en France, à Paris. Retour au bercail.

03 28 04 00 IN

TL : Bonjour!

CA : Bonjour Thomas

TL : Thomas Landrain. Bienvenu à la Paillasse.

CA : Alors ici vous êtes installé depuis combien de temps ?

TL : Ça fait un peu moins de 2 mois

CA : Un peu moins de 2 mois

TL : C'est vraiment tout neuf. Juste avant ça, on était dans un squat un Vitry sur Seine. Donc pour nous ça correspond à un saut immense.

03 28 23 00 THOMAS LANDRAIN

Je m'appelle Thomas Landrain, jusqu'à présent j'ai été un étudiant en thèse de doctorat en Biologie Synthétique et en parallèle j'ai monté La Paillasse qui maintenant en fait m'occupe à plein temps. J'ai toujours été un grand rebel. J'ai toujours aimé faire les choses par moi-même et à un moment donné lorsque je ne trouve pas la liberté suffisante dans mon propre espace professionnel j'ai tendance à le quitter et à faire les choses par moi-même....

Et pour moi finalement La Paillasse ça d'abord été l'opportunité de créer mon propre laboratoire pour aller faire les projets que je souhaitais.

03 28 51 00 IN

TL : là on a 2 autres pièces. On en a une autre là derrière. Ces 2 pièces-là vont être utilisées pour des gros programmes.

03 28 59 00 THOMAS LANDRAIN

La Paillasse c'est un laboratoire ouvert et citoyen et communautaire pour les bio technologies et plus largement toutes les nouvelles technologies. L'idée étant de mettre à disposition un espace où l'on puisse vraiment expérimenter et provoquer des rencontres qui sont propices à un déclenchement d'idées nouvelles autour de cette notion des nouvelles technologies. On a essayé de recréer un espace de liberté.

C'est un espace où l'on veut pouvoir donner, à une personne qui a des idées, la possibilité de travailler sur ce qu'elle veut, comme elle veut et avec qui elle veut. On est vraiment, ici, finalement en train de réaliser ce qu'on déjà fait dans les années 70 les geeks et les hackers.

03 29 39 00 NARRATEUR

Le mythe des garages de la Silicon Valley où des bidouilleurs ont fait émerger quantités d'entreprises à succès fascine. Thomas Landrain qui a travaillé dans des labos institutionnels est convaincu que ce modèle peut être transposé dans le domaine de la biologie de synthèse... Il peut apporter de la fraîcheur... Mais moi, je m'interroge... Un laboratoire manipulant des produits chimiques ne demande pas tout à fait les mêmes installations que celui d'un ingénieur en informatique. Il y a des outils spécifiques, des règles de sécurité à respecter...

Pourtant pour Thomas Landrain, la meilleure preuve des possibilités qu'offrent les garage labs, c'est encore le projet qu'il a lui-même développé. Celui d'une encre biologique.

03 30 19 00 THOMAS LANDRAIN

A la Paillasse, l'un de nos projets phares aujourd'hui, c'est un projet, qui permettra à chacun de faire pousser sa propre encre de manière biologique. Il faut savoir que les encres aujourd'hui font partie des éléments les plus polluants sur la planète. Ils sont faits entre autres de métaux lourds et de solvants assez crado.

L'idée était 1 : amener une alternative biodégradable à ces encres là et 2 : penser finalement à une alternative qui pouvait donner une certaine autonomie. Donc c'est via une discussion que j'ai pu avoir avec une designer Marie Sarah Denys qu'on est amené à imaginer un stylo qui produirait lui-même son encre. A la place d'avoir une cartouche, on aurait un bio réacteur avec des bactéries et ces bactéries produiraient des pigments et on utiliserait ces pigments pour écrire. En échange, on nourrirait ces bactéries et au final c'est comme-ci on devait nourrir notre propre stylo.

Même si l'idée était totalement folle, on est parti plutôt en fait sur l'idée d'utiliser une bactérie naturelle au sein de notre éco système qui pouvait remplir son rôle là. Après à peu près un mois de recherche dans les bibliographies scientifiques, j'ai réussi à trouver une bactérie candidate qui était non pathogène, qui pouvait pousser facilement, qui produisait massivement un pigment bleu. On l'a nourri simplement avec des aliments nutritifs un peu classique du sucre, un peu d'azote, du phosphate etc... et ce pigment n'est pas toxique mais surtout il est bio dégradable. Ça veut dire qu'on pourrait très bien le réutiliser à terme pour nourrir un autre micro-organisme qui pourrait nourrir d'autres choses. Et ça aujourd'hui, la biologie synthétique va nous permettre d'arriver à des résultats qui vont être très concrets et je pense relativement rapidement.

On a ici une matière qui est très intéressante que les gens peuvent faire pousser même chez eux donc ils ont juste à faire pousser une petite culture de bactéries. C'est une technologie que sera open source. C'est-à-dire qu'elle sera partageable. Ce que l'on souhaiterait éviter c'est que derrière il y a des grandes multi nationales qui ont les capacités d'inonder le marché puissent se l'approprier. Donc on va probablement être obligé de déposer un brevet avec derrière des licences libres et gratuites.

03 32 39 00 NARRATEUR

D'accord pour l'esprit général. Les garages lab, ces laboratoires collaboratifs font fureur un peu partout dans le monde.

Je relativiserais juste tout de même sur la dimension des projets qui y sont réellement développés. Petits...Cependant, comme la biologie de synthèse utilise d'abord des briques existantes, ce n'est pas tant la technologie qui prime mais avant tout l'idée. On est donc pas à l'abri d'une découverte intéressante émergeant de cet univers de hackers.

Reste que je ne suis pas forcément rassuré quant à l'utilisation de produits ou d'organismes potentiellement dangereux sans aucun contrôle...

03 33 14 00 THOMAS LANDRAIN

Aujourd'hui clairement il n'y a pas vraie surveillance dans ce que l'on pourrait appeler les garages. C'est-à-dire ces lieux qui sont en dehors des réglementations et qui sont en dehors de la visibilité des forces de régulation nationale.

NARRATEUR

Alors faut-il avoir peur...

03 33 32 00 THOMAS LANDRAIN

Aujourd'hui fabriquer un virus synthétique c'est extrêmement difficile, c'est même pas une question d'avoir du matériel ou pas ou des connaissances. C'est une question de savoir faire, d'expérience. Et il y a une certaine forme de transparence qui fait qu'en général lorsqu'une personne part sur la mauvaise piste on est très rapide à le remettre sur le droit chemin. Il y a un cadre de travail à respecter. On ne travaille pas avec des organismes pathogènes. Il faut avoir des licences pour ça. Il faut être équipé pour ça. D'ailleurs c'est dans ce sens-là qu'on a mis en place le 1^{er} code éthique des bio technologies.

03 34 06 00 THOMAS LANDRAIN

La Paillasse aujourd'hui est probablement l'un des plus grands bio hackerspace du monde. Je pense qu'on va être rapidement rejoint par d'autres espaces comme celui-ci ailleurs dans le monde. Mais j'imagine que d'ici 5 ans ça ne m'étonnerait pas qu'il y en ait pratiquement une centaine. On a déjà commencé à mettre en place un réseau. On a par exemple des paillasses à Bordeaux, à Lyon, également à Lausanne et on a également une paillasse en construction à Manille aux Philippines.

03 34 28 00 NARRATEUR

Thomas Landrain décidément voit large. C'est vrai que lorsqu'on regarde le succès que connaissent les rencontres, les événements liés à la Biologie de Synthèse il y a de quoi être ambitieux.

La référence en la matière est sans doute l'IGEM, un événement organisé chaque année à Boston par quelques uns des pères fondateurs de la discipline, tous issus du prestigieux MIT. Thomas Landrain lui-même y a participé et sur ses conseils je décide d'y faire un tour.

Depuis 2004 cette compétition voit des étudiants du monde entier concevoir des cellules aux propriétés innovantes. Ils travaillent à partir d'une bibliothèque de bio-

briques, des gènes répertoriés dans les génomes du vivant et codant chacun une fonction biologique spécifique.

Les composants qu'ils inventent rejoignent en retour cette base de données sur le mode de l'open source. Il y a de tout, des projets les plus sérieux aux plus fantasques, le tout dans une atmosphère d'émulation impressionnante.

Et voilà que j'y rencontre un personnage inattendu au milieu de tous ces jeunes chercheurs, un agent du FBI...comme quoi mes préoccupations sur la sécurité seraient partagées par d'autres.

03 36 02 00 ED YOU

My name is Ed You. I'm a Supervisory Special Agent from the FBI's Weapons of Mass Destruction Directory. I work in the biological counter-measures unit.

Je m'appelle Ed You. Je travaille à la direction des Armes de Destruction Massive du FBI. Je suis superviseur dans l'unité de lutte contre les menaces biologiques.

03 36 17 00

The mission of our unit is to provide a prevention mission on looking at how do we protect the life sciences, how do we prevent, detect and deter the development and acquisition of biological weapons.

Notre unité a pour mission de développer la réflexion sur la protection des sciences de la vie, sur la prévention, la détection et la dissuasion d'acquisition d'armes biologiques.

03 36 35 00

The FBI has been a sponsor of IGEM since 2009. We conduct outreach to the students here. And we actually host a biosecurity workshop every year for the students and the theme is safeguarding science in the future.

Le FBI sponsorise l'IGEM depuis 2009. Nous sensibilisons les étudiants. Tous les ans, nous organisons ici un atelier de travail sur la bio-sécurité, dont le thème est le futur de la protection de la science.

03 36 49 00 IN

CA : So that's your...what are those cards?

Donc ça c'est vos... c'est quoi ces cartes?

EY : These are biosecurity outreach and education trading cards

Ce sont des cartes éducatives à collectionner sur la biosécurité

03 37 00 00 NARRATEUR

Le parcours de Ed You montre l'évolution de la préoccupation des gouvernements vis à vis de la science et des questions de sécurité.

03 37 07 00 ED YOU

Before joining the FBI, my background is in biochemistry molecular biology. So I was involved in human gene therapy research and I also worked for a bio-tech company during cancer research.

Avant de rejoindre le FBI, je travaillais dans le domaine de la biochimie et de la biologie moléculaire. J'ai fait notamment des recherches en thérapie génique, et travaillé pour une entreprise de bio-tech dans la recherche contre le cancer.

03 37 19 00

Post 9/11, the FBI diversified their workforce. So they hired individuals like myself, computer science individuals, people with foreign language skills.

Après le 11 septembre 2001, le FBI a élargi sa base de recrutement en engageant des personnes comme moi, des informaticiens ou des gens maîtrisant des langues étrangères.

03 37 33 00 IN

We have the FBI represented by Ed You...

Nous accueillons le FBI, représenté par Ed You

EY : We're living in a different world now. It forces the FBI to change. We can no longer be just reactive so if a crime occurs we go in. Now we have to be pro-active. We prevent another event like 9/11 from ever happening again, not only in the US but anywhere else in the world: that has now become our priority mission and...

Nous vivons dans un monde différent, et le FBI doit s'y adapter. Nous ne pouvons plus nous contenter d'intervenir une fois que le crime est commis. Nous devons être proactifs. Nous devons nous assurer qu'un événement comme celui du 11 septembre ne se reproduise plus jamais aux États-Unis ou ailleurs dans le monde. C'est devenu notre priorité...

03 38 02 00 ED YOU

So we're starting with this generation that's up and coming. These are the future scientists, the future CEOs and future policy makers. And as we've always seen historically, with any innovation or scientific advances, policy is always playing catch up.

Nous ciblons la jeune génération. Ces étudiants sont les scientifiques de demain, les PDG de demain, les législateurs de demain. L'Histoire nous a montré qu'à chaque innovation ou avancée scientifique, la législation a toujours eu un temps de retard.

03 38 22 00 IN

EY : We actually post our own conferences too. So my program, we actually... FBI sponsors conferences too.

On publie aussi nos propres conférences... En fait, dans mon programme... le FBI sponsorise aussi des conférences.

03 38 38 00

We are instilling this awareness and I guess the best way to characterize it is: "Not on my watch". Meaning that - during my time, whether I'm a student or a full time scientist or a business person, that, now that I understand what the security

concerns might be, what can I about it now, how can I actively prevent this potential misuse or abuse or exploitation and notify the right authorities.

Nous voulons donc éveiller les consciences sur ce retard. La meilleure façon de résumer notre message serait « Pas sous mes yeux ». Cela veut dire que tant que je serai là, que je sois étudiant, scientifique ou homme d'affaires, je ferai à chaque instant mon possible pour évaluer les risques encourus, empêcher activement, ou signaler aux autorités compétentes tout mauvais usage, abus ou exploitation.

03 39 07 00

The experts who can identify what the new security challenges are going to be - it's going to be the students. Because they're the ones that are actually doing the work. they're in the best position to then teach the FBI that based on what I'm doing with my now security awareness and I do my assessment, here's a potential vulnerability that you should be aware (of).

Les spécialistes capables d'identifier les nouveaux défis de sécurité seront ces mêmes étudiants, parce qu'ils seront les mieux placés pour dire au FBI quoi faire. Et parce qu'ils seront conscients des risques et des dangers, ils pourront identifier les vulnérabilités du système et nous prévenir.

03 39 36 00 ED YOU

We are gonna be dependent on that partnership to determine if there was some incident, we're gonna need their expertise to help us determine, in our investigations, was this purely an accident?

Nous devons travailler avec eux. Le FBI aura besoin de leur expertise pour l'éclairer, le guider dans ses enquêtes, et déterminer si tel événement est accidentel ou non.

03 39 50 00 NARRATEUR

Pour Ed You, il ne faut donc pas minimiser les risques. Et plus encore, vu l'étendue des champs d'applications potentielles de la Biologie de Synthèse, il est même compliqué aujourd'hui de les évaluer tous...

En tout cas le FBI plutôt que d'être appelé à la rescousse a vraiment pris les devants.

Mais je doute que de miser uniquement sur la bonne conscience collective, sur le « Not on my watch », c'est à dire sur une surveillance mutuelle de chercheurs se dotant d'un code de conduite, suffira à balayer toutes les craintes liées à la Biologie de Synthèse. Ce mode d'action est aussi révélateur de l'impuissance des agences à tout surveiller.

En plus, il faut aussi ajouter que les craintes de dérives de la science ne se limitent pas aux problèmes de sécurité. Nombreuses sont les ONG qui tentent d'alerter le public et les politiques sur d'autres conséquences.

Pour aborder ces questions, je suis cette fois à Montréal au Canada, pour retrouver l'un de leurs représentants, Jim Thomas.

03 41 08 00 JIM THOMAS

My name is Jim Thomas. I work for an organization called the ETCetera Group. I'm a Program Director and we track the impacts of new technologies on society, on the environment, on economies.

Je m'appelle Jim Thomas. Je suis directeur des programmes de l'Etcetera Group, une organisation non gouvernementale. Notre mission consiste à mesurer l'impact des nouvelles technologies sur la société, l'environnement et l'économie.

03 41 25 00 NARRATEUR

Jim Thomas surveille, critique et parfois dénonce, les travers des techno-sciences. S'il s'en est pris récemment aux nanotechnologies et à la géo-ingénierie, sa cible favorite aujourd'hui c'est à coup sûr la Biologie de Synthèse

03 41 44 00 JIM THOMAS

The natural world isn't a machine. The idea that you're gonna be able to improve nature is remarkably naive. There's a complexity there that has to be understood and that complexity is not just ecological complexity, it's also social complexity and economic complexity.

La nature n'est pas une machine. L'idée que l'on est capable d'améliorer la nature est particulièrement naïve. La nature est d'une complexité qui doit être comprise, et cette complexité n'est pas seulement d'ordre écologique, mais social et économique aussi.

03 42 02 00

What worries me is the field of synthetic biology works on some very simplistic premises that may not even be right. Synthetic biologists in their laboratories are working on a very specific applications, are looking narrowly, they're not looking at the complexity of a social situation of the ecosystems into which their organisms are gonna be released. And, in fact, often when you talk with synthetic biologists, they'll sort of admit that they can't even begin to think about that complexity.

Ce qui m'inquiète particulièrement c'est que le domaine de la biologie synthétique repose sur des idées très simplistes qui ne sont peut-être même pas justes. Les biologistes synthétiques travaillent dans leur laboratoire sur des applications très spécifiques. Ils ont des œillères, ils ne voient pas la complexité du contexte social des écosystèmes dans lesquels leurs organismes vont être diffusés. D'ailleurs, quand on leur parle, ils finissent par admettre qu'ils n'ont pas le loisir de seulement commencer à réfléchir à cette complexité.

03 42 53 00 NARRATEUR

Jim est donc particulièrement préoccupé par la prétention des ingénieurs du vivant. Voire leur aveuglement.

Il voyage à travers le monde pour essayer de mobiliser la société civile. Cette fois il m'entraîne en Tunisie où il participe au Forum Social Mondial dont un des volets est consacré à la science.

Un pays en pleine ébullition vers lequel convergent des militants du monde entier.

03 43 54 00 NARRATEUR

Après sa première intervention à l'Université de Tunis, Jim Thomas se rend la médina de la ville. Il veut me montrer quelques exemples de production, de modes de fabrication traditionnels que la biologie de synthèse se propose de remplacer. Pour lui ça signifie la mort des petits producteurs.

03 44 10 00 IN

JT : Souk - parfumerie

Vendeur : Amande douce. Huile de l'amande douce. On a aussi la tige le barbarie

03 44 20 00 NARRATEUR

Et même le produit qui semble le plus utile est critiquable à ses yeux. Il n'hésite pas à attaquer par exemple l'idée de la fabrication de la levure produisant l'artémisinine, elle semble être pourtant d'un grand bénéfice pour l'humanité.

03 44 36 00 JIM THOMAS

The claim that this organism, by producing this important antimalarial drug would be a major boom for the fight against malaria, but we very soon discovered was artemisinin, which comes from the artemisia bush which was already grown by hundreds of thousands of farmers worldwide and it instantly raised the question, well, what happens to those farmers. if there had been a lack of artemisinin and it hadn't been possible to get it from the farmers then this might have been a good, but that wasn't the reality. The reality is there was enough artemisinin...

On prétend qu'en permettant la production massive de médicament contre la malaria, l'artémisinine marque une grande avancée dans l'éradication de la maladie. Or on oublie de dire que l'artémisinine, extrait de l'armoise annuelle, est déjà cultivée par des centaines de milliers d'agriculteurs dans le monde. La question qui se pose aussitôt est de savoir ce que ces gens vont devenir. S'il n'y avait pas assez d'artémisinine, s'il n'était pas possible de s'en fournir suffisamment auprès de ces cultivateurs, cela aurait peut-être été une bonne chose, mais ce n'est pas du tout le cas.

03 45 13 00 NARRATEUR

Loin des labos high tech et des industries, Jim Thomas s'intéresse donc avant tout à l'humain, aux producteurs les plus fragiles.

03 45 21 00 JIM THOMAS

...And that really pointed towards some of the sort of large economic changes that could happen once you can begin making commercially important compounds through synthetic biology.

Cet exemple nous montre les répercussions économiques considérables que peut provoquer une production de composants commercialement intéressants par le biais de la biologie de synthèse.

03 45 46 00 NARRATEUR

Mais une autre problématique focalise son attention : celle qui concerne le sucre.

Le sucre, c'est LA matière première de la biologie de synthèse, utilisée dans de multiples projets, et sur laquelle l'offre risque de se tendre ou la demande de générer toute sorte d'excès.

03 46 17 00 JIM THOMAS

Basically, you have a system where you're feeding large amounts of sugar to these engineered organisms. And on a small scale, this might be no problem but if you begin to talk about producing large amounts of a product such as bio fuels for example, plastics, you'll need a large amount of sugar. And the production of sugar, particularly sugar cane in Brazil is associated with all sorts of environmental problems, it's associated with social problems, (it's associated) with land-grabbing. It's destroying one of the most fragile regions of Brazil.

Le système actuel, c'est qu'on nourrit des organismes génétiquement modifiés avec de grandes quantités de sucre. À petite échelle, cela peut ne pas poser de problème, mais dès que l'on parle de production massive, comme c'est le cas pour les biocarburants, ou pour les plastiques, il faudra des quantités astronomiques de sucre. Or la production de sucre, notamment de canne à sucre au Brésil, entraîne toutes sortes de problèmes environnementaux et sociaux, comme l'accaparement des terres, et l'expansion de cette culture mène à la destruction des régions les plus fragiles du Brésil.

03 46 52 00

So, this is potentially a very damaging ecological trend.

C'est potentiellement une tendance très nuisible écologiquement.

03 46 58 00

Increasingly, the synthetic biology industry is saying, ok, then we'll not take any material from the land, we'll go to the sea, we'll see if we can use seaweed and we'll grow large sea weed farms off the coast of China, and off the coast of Chile but once again, this is gonna have ecological implications. It's not possible to produce large quantities of something using biology as a basis without disrupting biology on quite a wide scale.

Alors, l'industrie de la biotechnologie dit ok, on ne va pas retirer quoi que ce soit à la terre, on va se tourner vers la mer, en cultivant par exemple des algues au large des côtes chinoises ou chiliennes. Mais là encore, cela ne sera pas sans implications écologiques. Il n'est pas possible de produire de grandes quantités de quelque chose à partir du vivant sans perturber l'écologie globale et sur une grande échelle.

03 47 33 00 NARRATEUR

J'ai parfois l'impression en entendant Jim qu'il est toujours contre. Contre les technologies, contre les grandes entreprises... Mais c'est sans doute son rôle d'être contre, car il faut un contrepouvoir, un contrepoids à l'enthousiasme général et au buzz frénétique que génère la Biologie de Synthèse

03 47 57 00 JIM THOMAS

The techniques that are used in synthetic biology of creating new living systems, are tremendously exciting and interesting and I think they are very useful for better understanding the way in which life processes work. They have a lot of value within laboratory for science and for improving our knowledge of the world. Where I get concerned is when those techniques are taken to the market-place for producing industrial applications and, and without really understanding the implications. And so until society has a way to address those disruptions, we need to be exceedingly cautious.

Les techniques utilisées en biologie synthétique pour créer de nouveaux systèmes vivants sont incroyablement excitants et intéressants. Et je pense qu'elles sont très utiles notamment pour affiner notre compréhension du vivant.

Ces travaux ont une valeur considérable pour la science, quand ils restent dans le cadre des laboratoires. Ce qui m'inquiète, c'est quand ces techniques sont mises sur le marché et utilisées à échelle industrielle sans que l'on n'en mesure véritablement les implications.

Tant que la société ne saura pas gérer de tels bouleversements, une prudence extrême est de mise.

03 48 37 00 NARRATEUR

La prudence c'est bien, les mots sont forts mais ce ne sont pas eux qui font concrètement changer les choses. Alors j'interroge Jim sur les solutions possibles que son groupe a imaginé.

03 48 46 00 JIM THOMAS

I think what would be the best outcome, where if the governments of the world said: wait a second, it's since this is gonna be so powerful, since this is gonna have such wide impacts, let's slow down, let's think carefully, let's put a bit of a pause on commercializing these technologies and putting them out to the environment. That would require strong international governance, it would require a willingness to listen beyond the companies and the narrow group of scientists who are controlling this debate but I think it would be a very sane decision for the next 150 years.

Ce qui pourrait arriver de mieux, c'est que l'ensemble des gouvernements du monde dise : « Attendez une seconde. Si cela permet autant de choses, et si cela doit avoir des répercussions aussi importantes, ralentissons, prenons le temps de réfléchir avant de commercialiser ces technologies ou d'y exposer notre environnement ». Il faudrait pour cela une vraie gouvernance mondiale, et la volonté d'aller au-delà de ce que disent les industriels et le petit groupe de scientifiques qui contrôlent le débat. Ce serait la plus sage des décisions à prendre pour les 150 ans à venir.

03 49 26 00 NARRATEUR

Quel que soit le domaine de recherche, la communication entre scientifiques et citoyens doit s'élargir.

Car ces ingénieurs du vivant, en réussissant à faire évoluer l'évolution pour fabriquer ce que la nature n'aurait jamais imaginé, ont initié une révolution technologique qui dépasse sans doute toutes celles que notre monde a connues.

Une révolution je crois qu'il serait dommage de torpiller. N'a-t-elle pas beaucoup à nous offrir, beaucoup à nous apprendre sur le vivant ? Elle peut aider notre société à progresser, à consommer moins et mieux, à préserver l'environnement, à trouver d'autres thérapies pour faire face à la maladie.

Mais malheureusement il y aura des erreurs, il y aura des accidents, il y en a toujours eu... Il serait prétentieux d'affirmer le contraire... Saurons-nous les anticiper ? Saurons-nous être prêts à les affronter ? Ces questions mériteraient un autre voyage... Décidément il reste encore tant à découvrir...