

Le monde des

CAROTÉNOÏDES:

couleurs, alimentation et santé

Réseau espagnol des caroténoïdes

facebook.com/carotenoid

<https://departamento.us.es/dgenetica/CaRed/Home.html>



CaRed

LE MONDE DES CAROTÉNOÏDES : couleurs, alimentation et santé

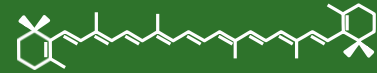


Réseau espagnol des caroténoïdes
www.facebook.com/carotenoid
[https://departamento.us.es/dgenetica/
CaRed/Home.html](https://departamento.us.es/dgenetica/CaRed/Home.html)

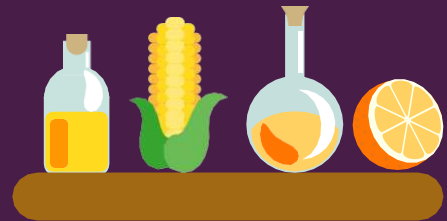
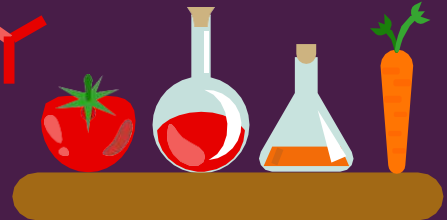
QUE SONT LES CAROTÉNOÏDES?

Les caroténoïdes sont un groupe de pigments naturels. Leurs couleurs caractéristiques vont du rouge au jaune en passant par l'orange et aussi par de nombreuses nuances intermédiaires. Ils doivent leur nom au fait qu'ils ont été découverts pour la première fois dans la carotte, dont le nom scientifique est *Daucus carota*.

Bonjour, je suis Carlota et je vais vous faire découvrir le monde coloré des caroténoïdes



Des centaines de caroténoïdes différents ont été découverts dans la nature. Parmi les plus courants, on peut citer ceux qui donnent aux tomates leur couleur rouge (lycopène), aux carottes leur couleur orange (bêta-carotène) et au maïs leur couleur jaune (lutéine et zéaxanthine).

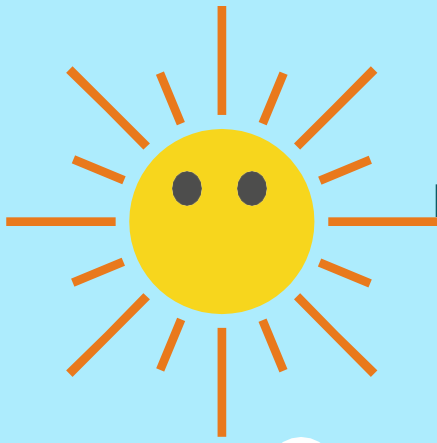


Les caroténoïdes sont nécessaires à la photosynthèse, et celle-ci est essentielle à la vie sur notre planète. Savez-vous pour quoi?

LES PLANTES VIVENT DANGEREUSEMENT

Les plantes utilisent l'énergie solaire pour produire des aliments, des remèdes contre les maladies, du bois et bien d'autres choses encore





La plupart des formes de vie sur notre planète dépendent de la photosynthèse, qui permet aux plantes de pousser en utilisant l'énergie du soleil. Les plantes sont la base de la chaîne alimentaire, car elles soutiennent les insectes, les herbivores et leurs prédateurs. Les plantes que nous cultivons nous font vivre, ainsi que les animaux qui nous nourrissent.



Outre le danger d'être dévorées sans pouvoir s'échapper, les plantes sont confrontées à des ennemis invisibles car elles vivent exposées au soleil. Voulez-vous savoir lesquels?

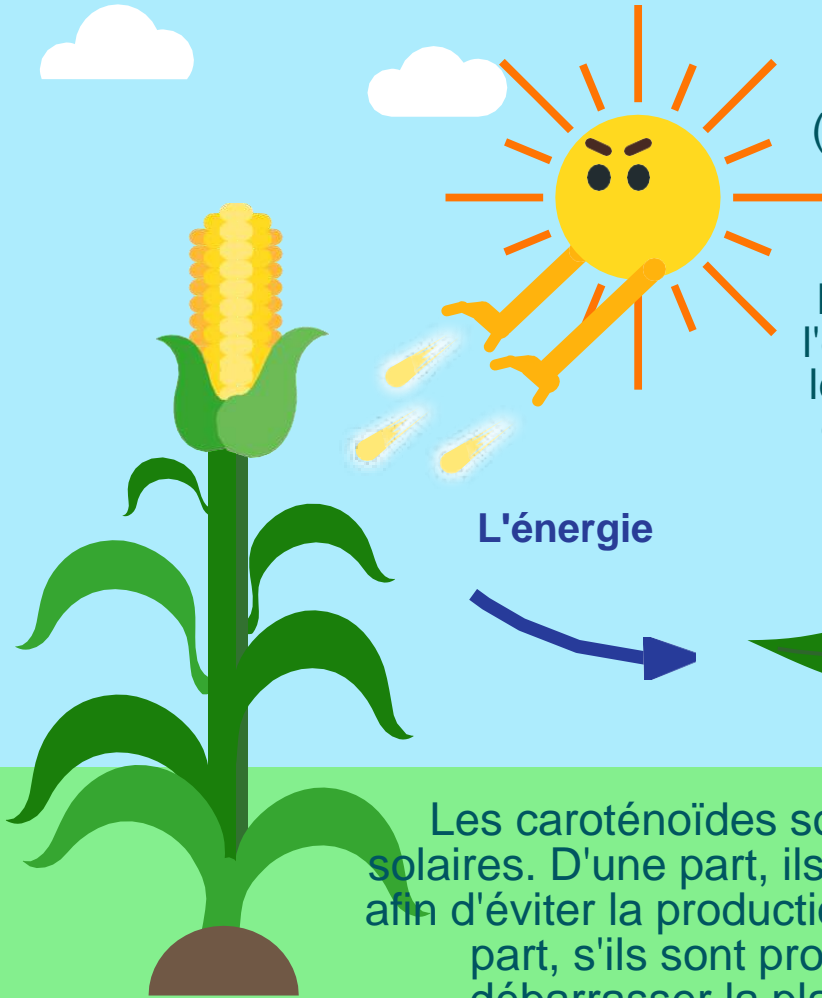
LES CAROTÉNOÏDES PROTÈGENT DU SOLEIL

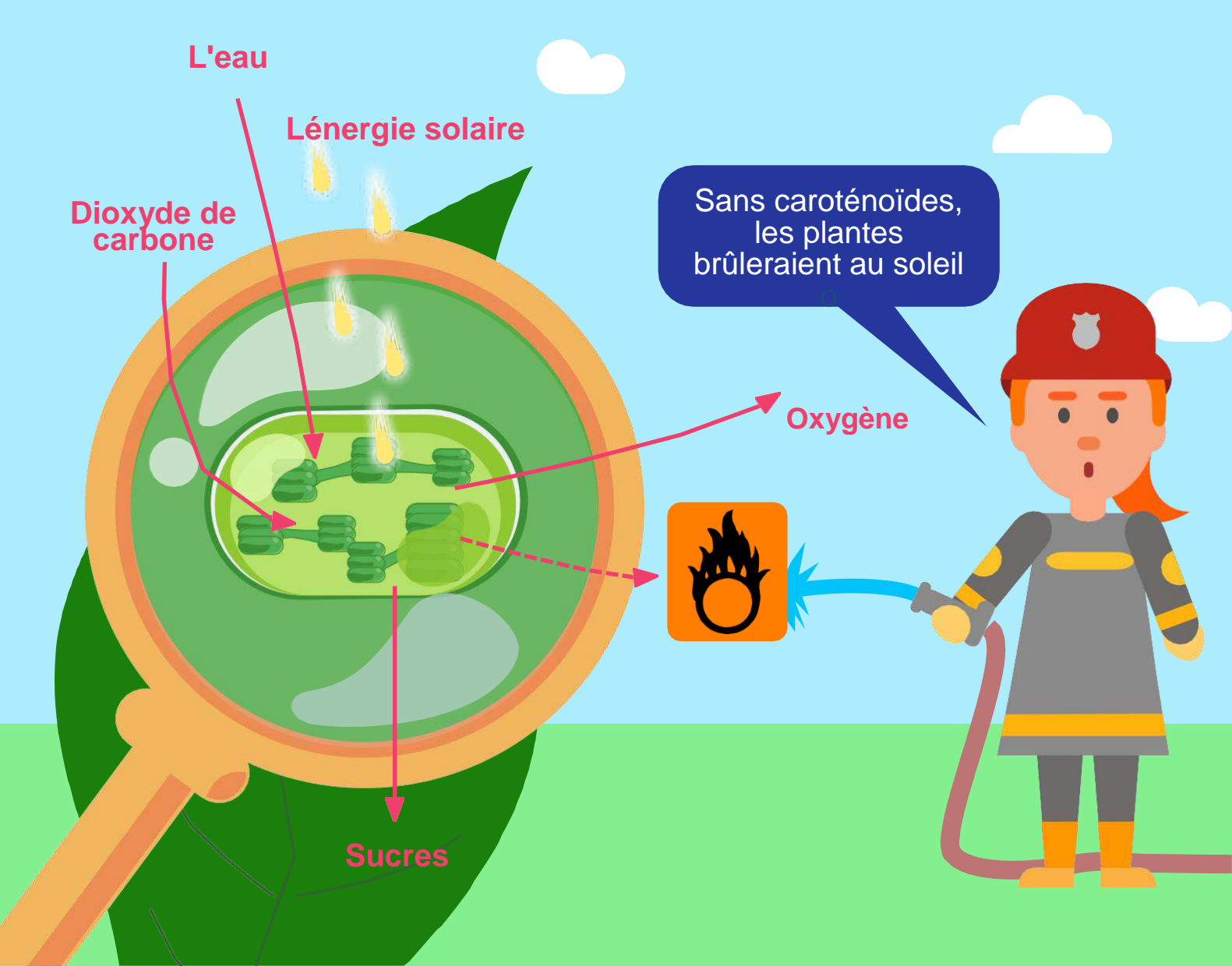
La photosynthèse permet aux plantes de produire de l'oxygène (O_2) et des sucres (CH_2O) à partir du dioxyde de carbone (CO_2) et de l'eau (H_2O), en utilisant l'énergie de la lumière du soleil captée par les chlorophylles. Mais lorsque l'énergie solaire est très intense, le mélange des chlorophylles et de l'oxygène peut générer des produits oxydants très nocifs pour les plantes

L'énergie

Feuille

Les caroténoïdes sont essentiels en tant qu'écrans solaires. D'une part, ils dissipent l'excès d'énergie solaire afin d'éviter la production de composés oxydants. D'autre part, s'ils sont produits, ils les neutralisent pour débarrasser la plante de ces produits toxiques.





L'eau

L'énergie solaire

Dioxyde de carbone

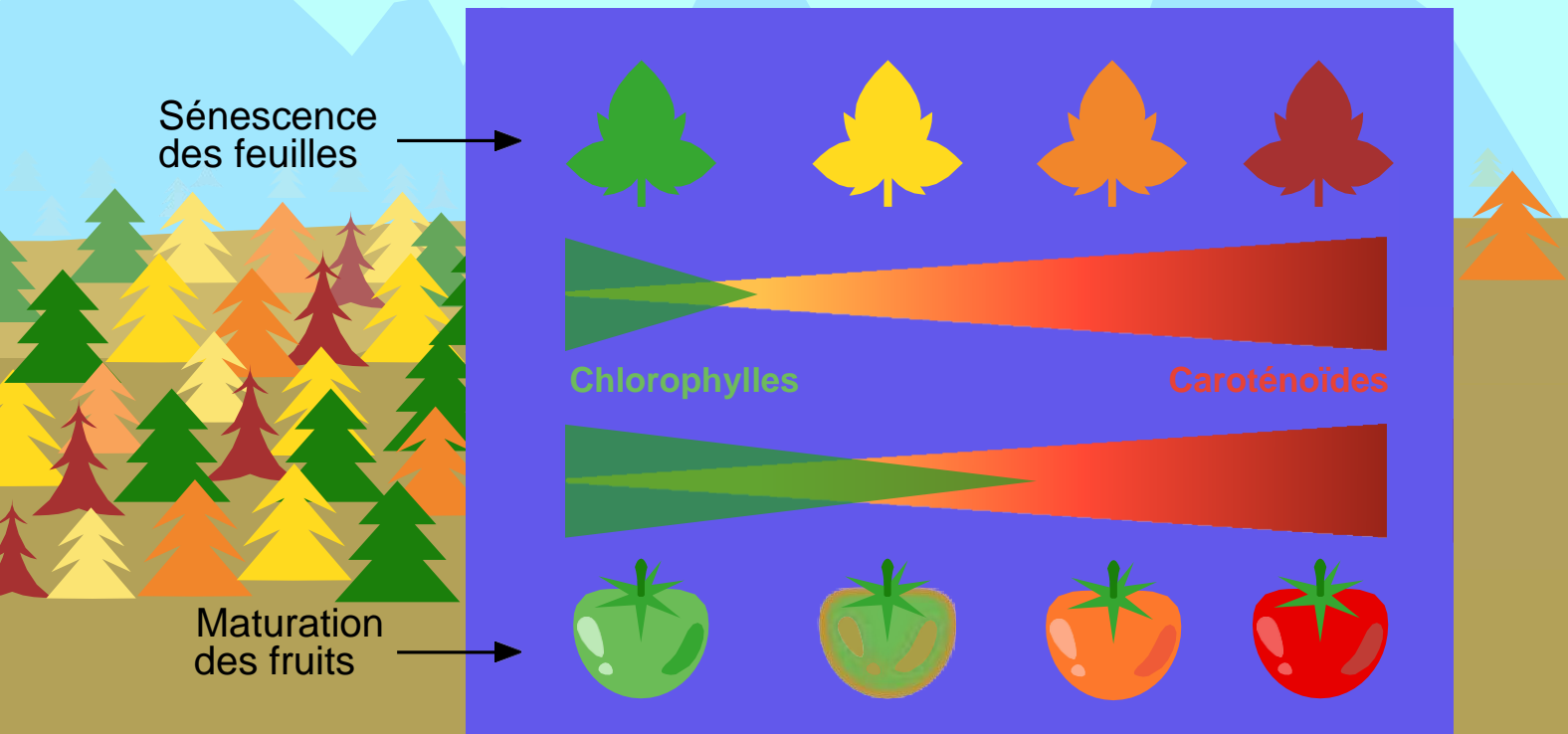
Sans caroténoïdes,
les plantes
brûleraient au soleil

Oxygène

Sucres


LES CAROTÉNOÏDES DONNENT DE LA COULEUR

La photosynthèse nécessite de la chlorophylle, le pigment qui donne aux plantes leur couleur verte. Ce n'est que lorsque la chlorophylle disparaît que nous pouvons apprécier les couleurs des caroténoïdes. Cela se produit en automne, lorsque les feuilles de certains arbres entrent en sénescence (c'est-à-dire qu'elles vieillissent et meurent) et que la chlorophylle se dégrade.



La chlorophylle disparaît également au cours du développement de nombreux fruits. C'est pourquoi les couleurs jaune, orange et rouge des caroténoïdes sont très visibles dans les fruits mûrs. Ces couleurs, ainsi que les arômes produits par la décomposition de certains caroténoïdes, indiquent aux animaux que le fruit est prêt à être mangé (et à disperser les graines qu'il contient).

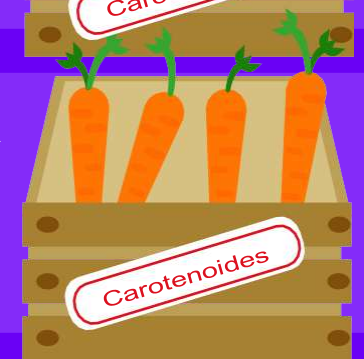
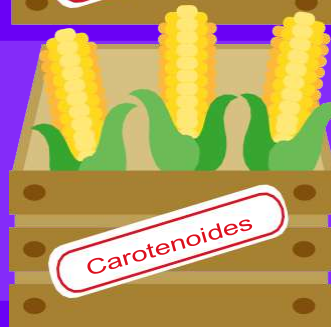
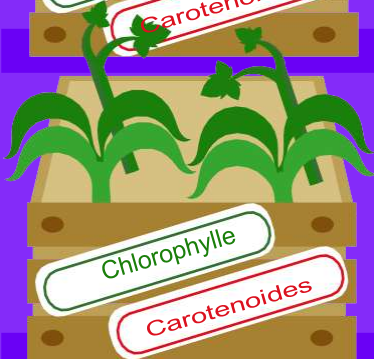
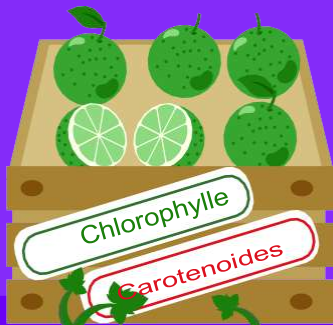
Et à nous aussi!



Ces tomates sont déjà mûres

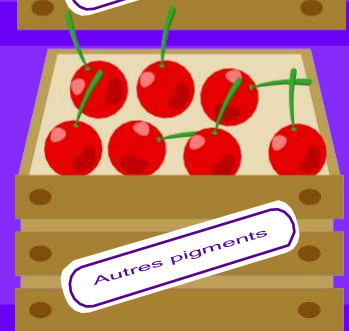
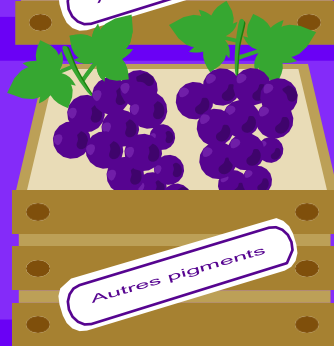
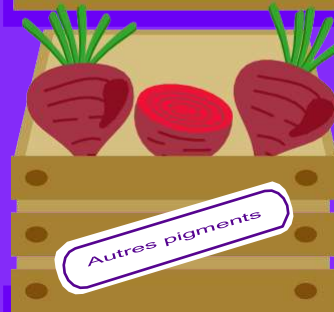
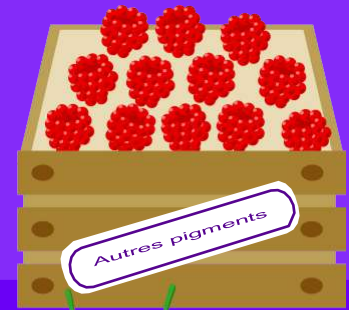
TOUT CE QUI BRILLE N'EST PAS DE L'OR

Les légumes et les fruits verts contiennent des caroténoïdes, mais nous ne les voyons pas car ils sont masqués par la chlorophylle. Outre l'utilisation des chlorophylles et des caroténoïdes comme pigments, il existe d'autres façons de colorer dans la nature...



Certains fruits et légumes de couleur rouge (comme les fraises, cerises et grenades) ou violette (raisins, prunes, aubergines, betteraves, etc.) doivent leurs couleurs à d'autres pigments naturels comme les anthocyanes et les bêtaïnes

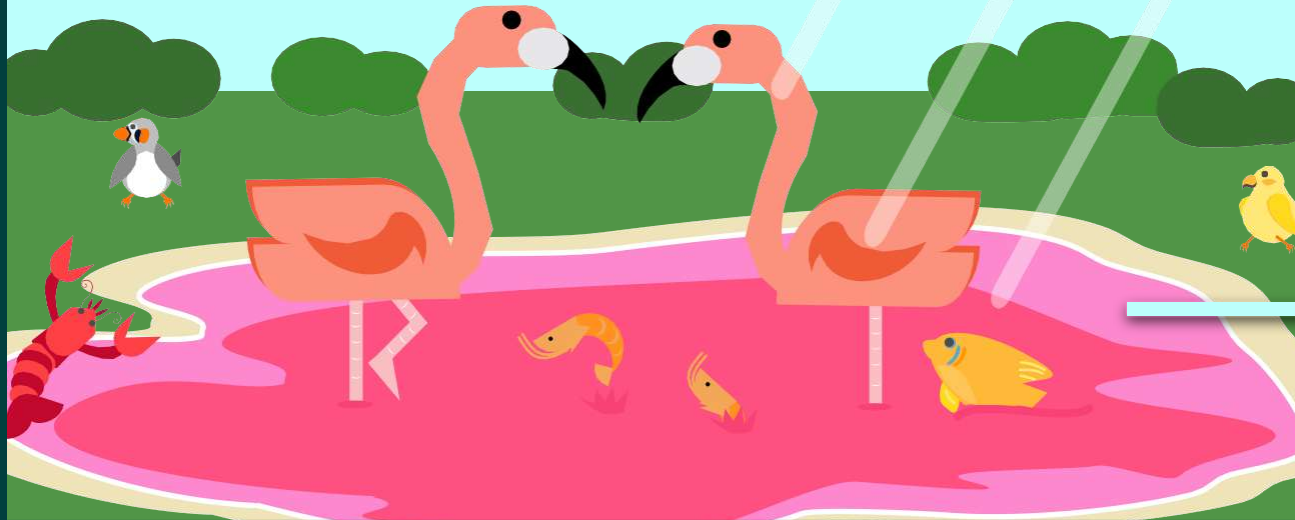
Votre fruit préféré
contient-il des
caroténoïdes ?




LES MICRO-ORGANISMES FABRIQUENT ÉGALEMENT DES CAROTÉNOÏDES

Tous les organismes capables de photosynthèse possèdent des caroténoïdes et certains micro-organismes non photosynthétiques en produisent également. Il s'agit notamment des bactéries et des champignons.

Les micro-organismes qui nourrissent les crevettes, les saumons ou les flamants roses leur donnent également leur couleur rose caractéristique.





L'eau de certains lacs et marais est remplie de micro-organismes produisant des caroténoïdes - c'est pourquoi elle est colorée!



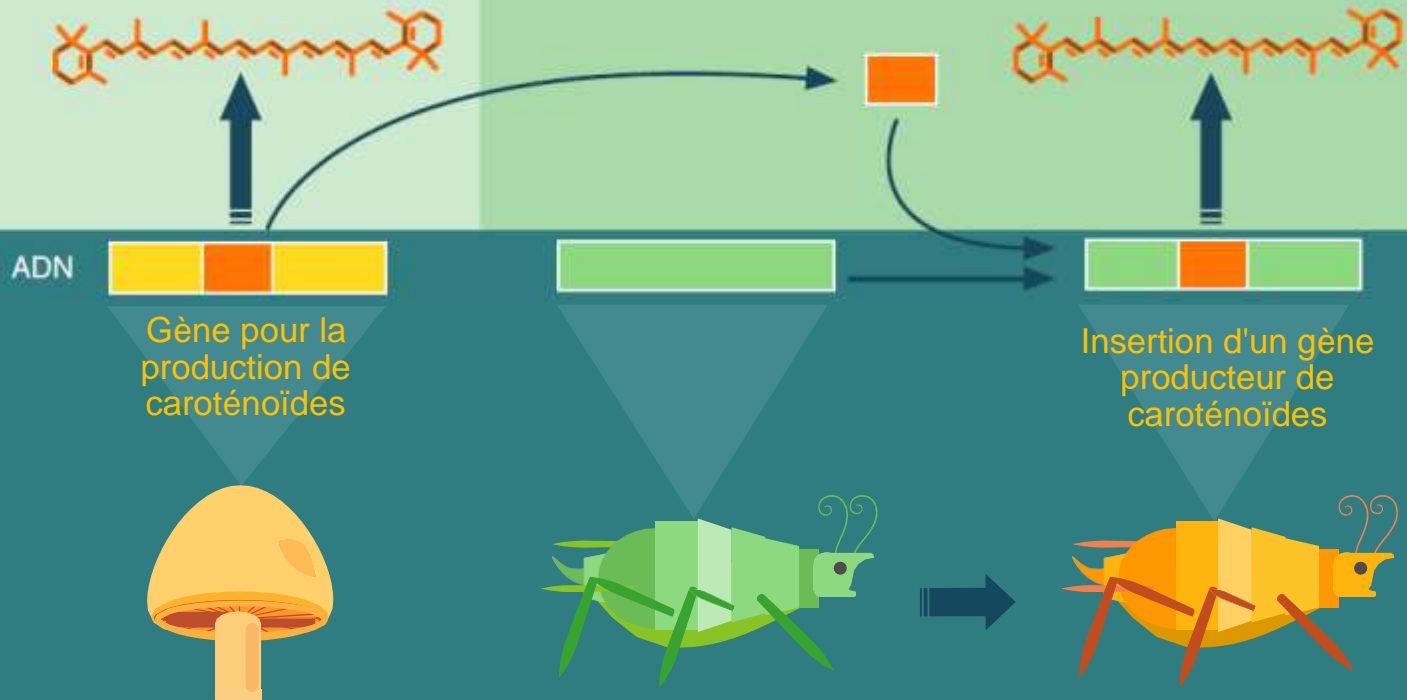
LES ANIMAUX NE PRODUISENT PAS DE CAROTÉNOÏDES..... AVEC QUELQUES EXCEPTIONS

Comme nous, la grande majorité des animaux ne peuvent pas fabriquer de caroténoïdes, mais les absorbent dans leur alimentation. Les couleurs qu'ils donnent à de nombreux poissons et oiseaux sont un signe de bonne nutrition et de bonne santé qui les aide à trouver un partenaire.

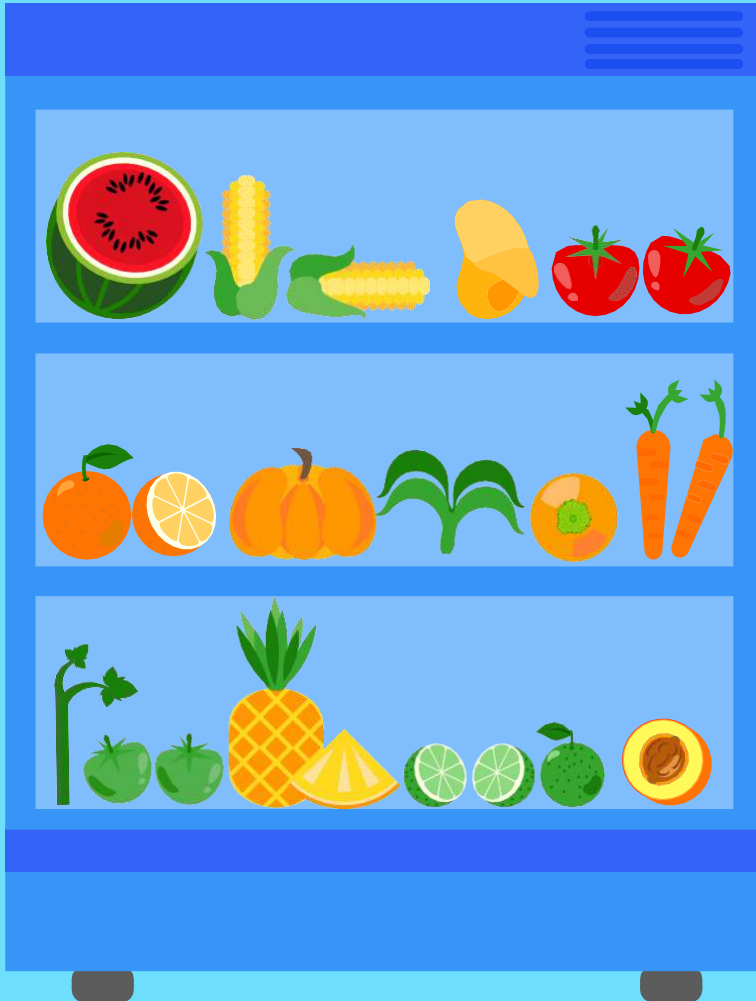
J'adore les couleurs que prennent mes animaux de compagnie lorsque je leur donne des aliments riches en caroténoïdes



Certains pucerons, acariens et insectes produisent effectivement leurs propres caroténoïdes, mais ils utilisent des gènes de champignons qu'ils ont incorporés dans leur génome par un processus appelé transfert horizontal de gènes. Ces animaux peuvent donc être considérés comme des transgéniques naturels.



L'INDUSTRIE DES CAROTÉNOÏDES



Les propriétés des caroténoïdes en tant que colorants naturels font qu'ils sont largement utilisés dans l'industrie agroalimentaire. Les caroténoïdes obtenus par synthèse chimique ou purifiés à partir des organismes qui les produisent sont utilisés comme colorants dans les boissons et les aliments, et sont ajoutés à l'alimentation des poulets et des saumons pour améliorer la couleur de leur viande. Caroténoïdes sont également largement utilisés comme compléments alimentaires et dans l'industrie cosmétique.

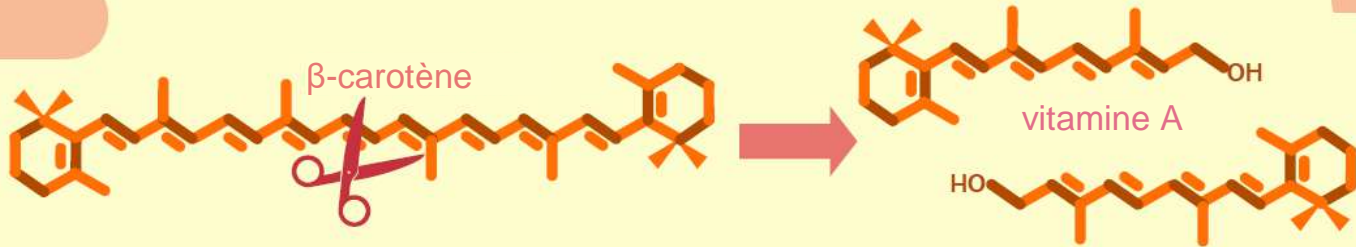
Comme il est facile de trouver des aliments contenant des caroténoïdes au supermarché !!



En plus d'être attrayants, les caroténoïdes sont bons pour la santé, surtout lorsqu'ils sont consommés directement à partir des aliments ?

NUTRITION ET AVANTAGES POUR LA SANTÉ

Les caroténoïdes sont très importants dans notre alimentation car certains d'entre eux, comme le bêta-carotène, sont transformés dans notre corps en vitamine A et en d'autres composés appelés rétinoïdes.



La vitamine A et les rétinoïdes sont essentiels à la vision, maintiennent nos défenses actives, favorisent la reproduction et sont impliqués dans la communication intercellulaire. En outre, la plupart des caroténoïdes sont des antioxydants, ils activent différents processus dans nos cellules qui réduisent le risque de maladies telles que l'obésité ou le diabète.

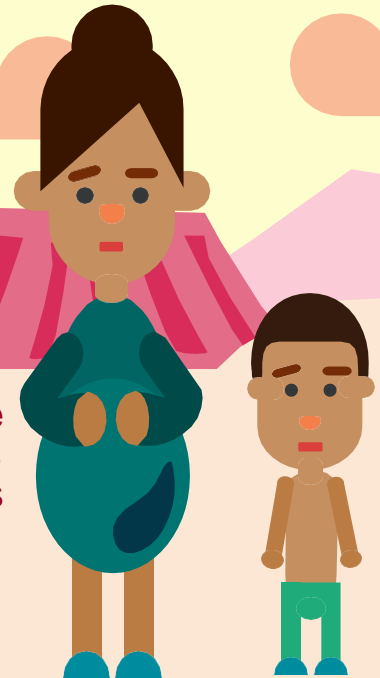


Pour toutes ces raisons, une alimentation riche en caroténoïdes est essentielle pour notre nutrition et notre santé. Ceci passe par une consommation abondante de fruits et de légumes.

La carence en vitamine A est rare dans les pays développés, mais reste un problème grave dans de nombreux pays pauvres d'Afrique, d'Amérique et d'Asie. Chaque année, des centaines de milliers d'enfants de ces pays deviennent aveugles ou sont privés de protection contre les maladies parce qu'ils ne consomment pas suffisamment de caroténoïdes.



Un moyen de lutter contre la carence en vitamine A dans les pays pauvres serait de veiller à ce que les aliments qu'ils consomment contiennent davantage de caroténoïdes. Voulez-vous savoir comment?

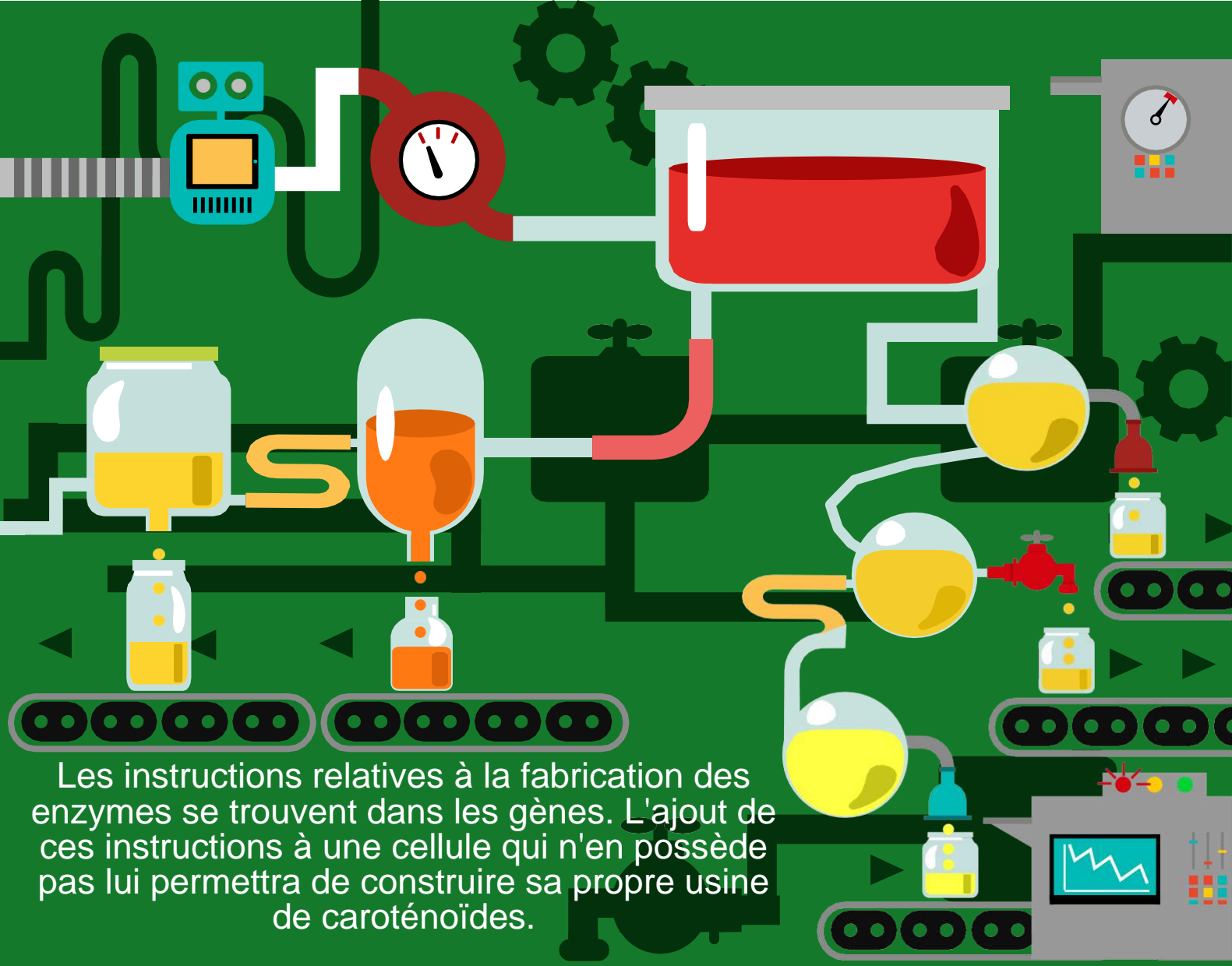


COMMENT LES CAROTÉNOÏDES SONT-ILS FABRIQUÉS?



Aujourd'hui, nous allons atteindre un record de production !

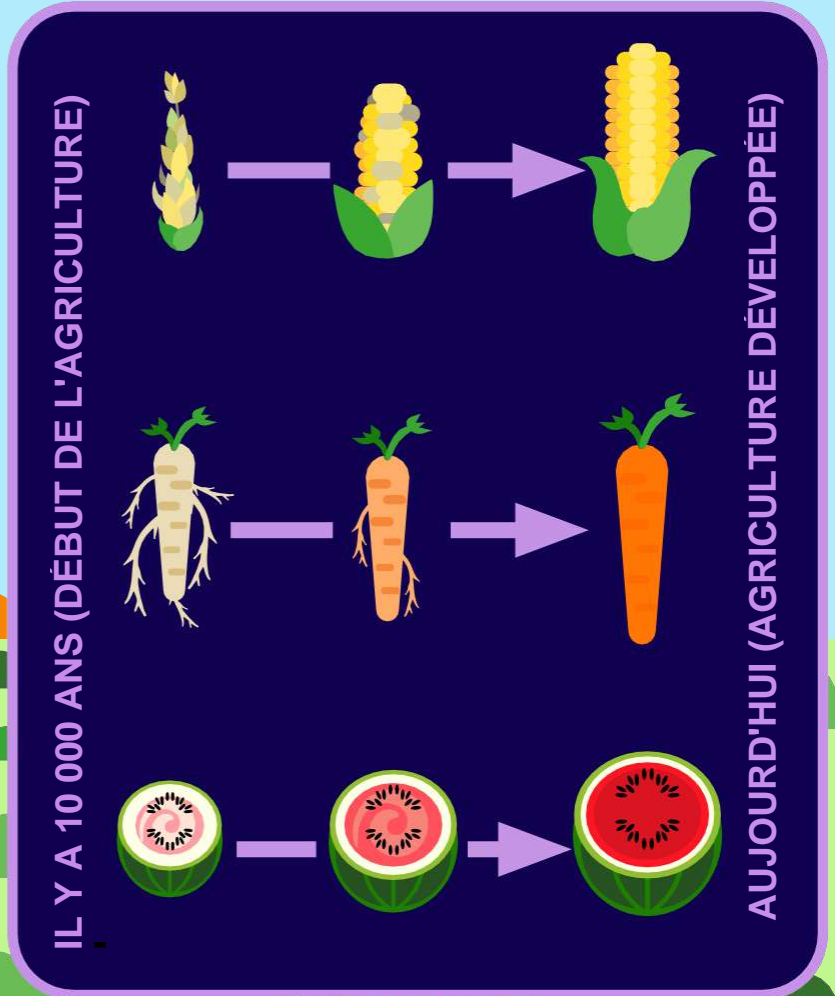
Dans les plantes, de petites machines appelées enzymes utilisent les sucres produits lors de la photosynthèse comme matière première pour fabriquer différents types de caroténoïdes. Dans les cellules végétales, les usines de caroténoïdes se trouvent dans les chloroplastes, où se déroule également la photosynthèse.



Les instructions relatives à la fabrication des enzymes se trouvent dans les gènes. L'ajout de ces instructions à une cellule qui n'en possède pas lui permettra de construire sa propre usine de caroténoïdes.

LES ACQUIS DE L'AGRICULTURE

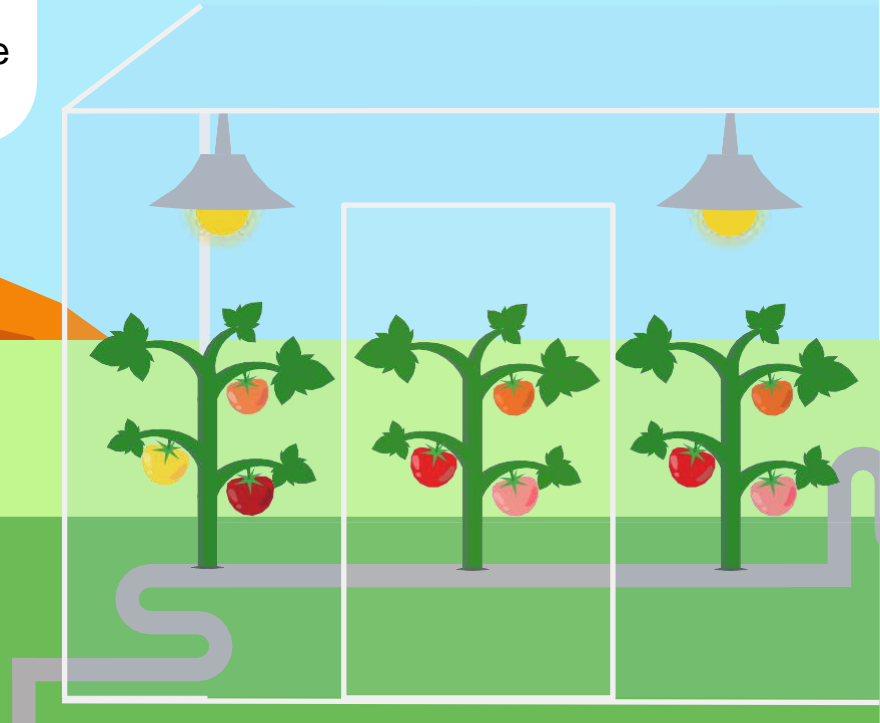
Depuis le début de l'agriculture, l'homme a croisé différentes variétés de plantes pour les rendre plus résistantes, plus productives ou plus nutritives. Au cours de milliers d'années, ce processus a produit des mélanges aléatoires de gènes de caroténoïdes qui ont modifié la couleur de nombreux aliments.



Aujourd'hui, le maïs jaune, les carottes oranges, les pastèques rouges ou les tomates de toutes les couleurs nous semblent normaux. Mais il existe des aliments, comme le riz, qui n'ont pas été "colorés" avec des caroténoïdes par les méthodes traditionnelles de sélection et d'élevage. Pour ces cas, il existe une alternative rapide et sûre: la biotechnologie.



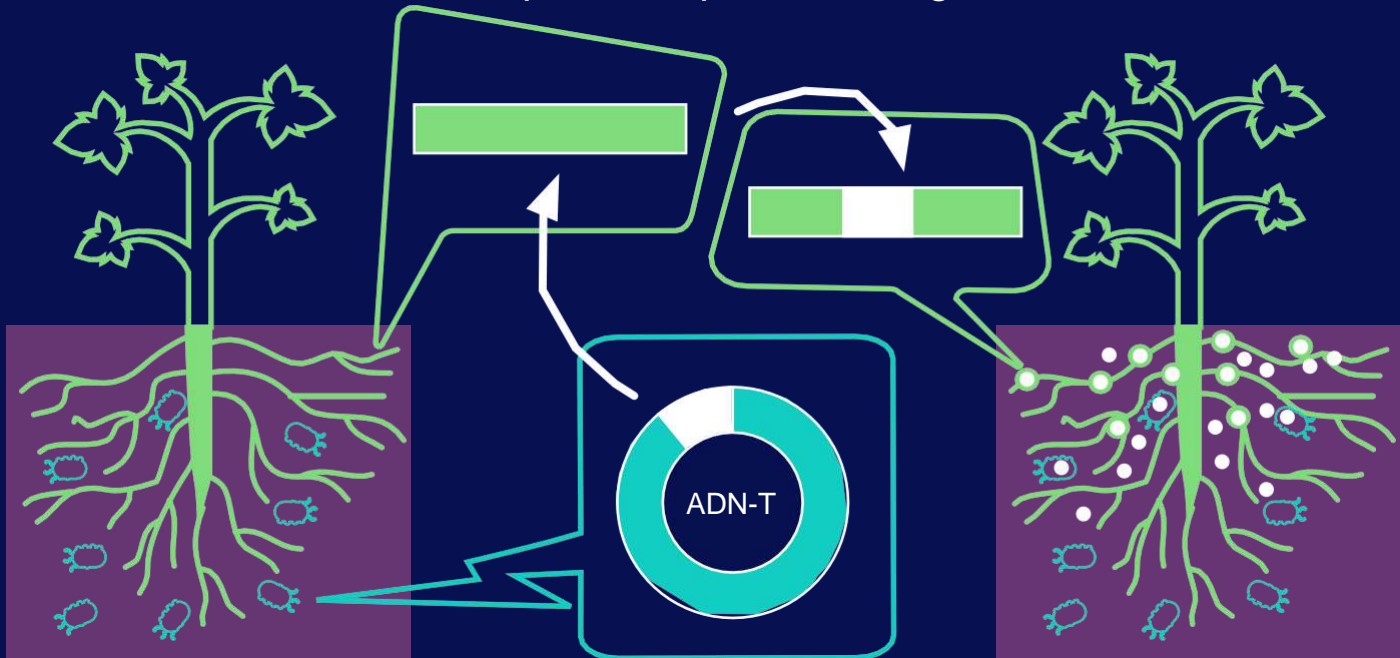
Quelle chance d'avoir des tomates de toutes les couleurs pour préparer une variété de salades saines!



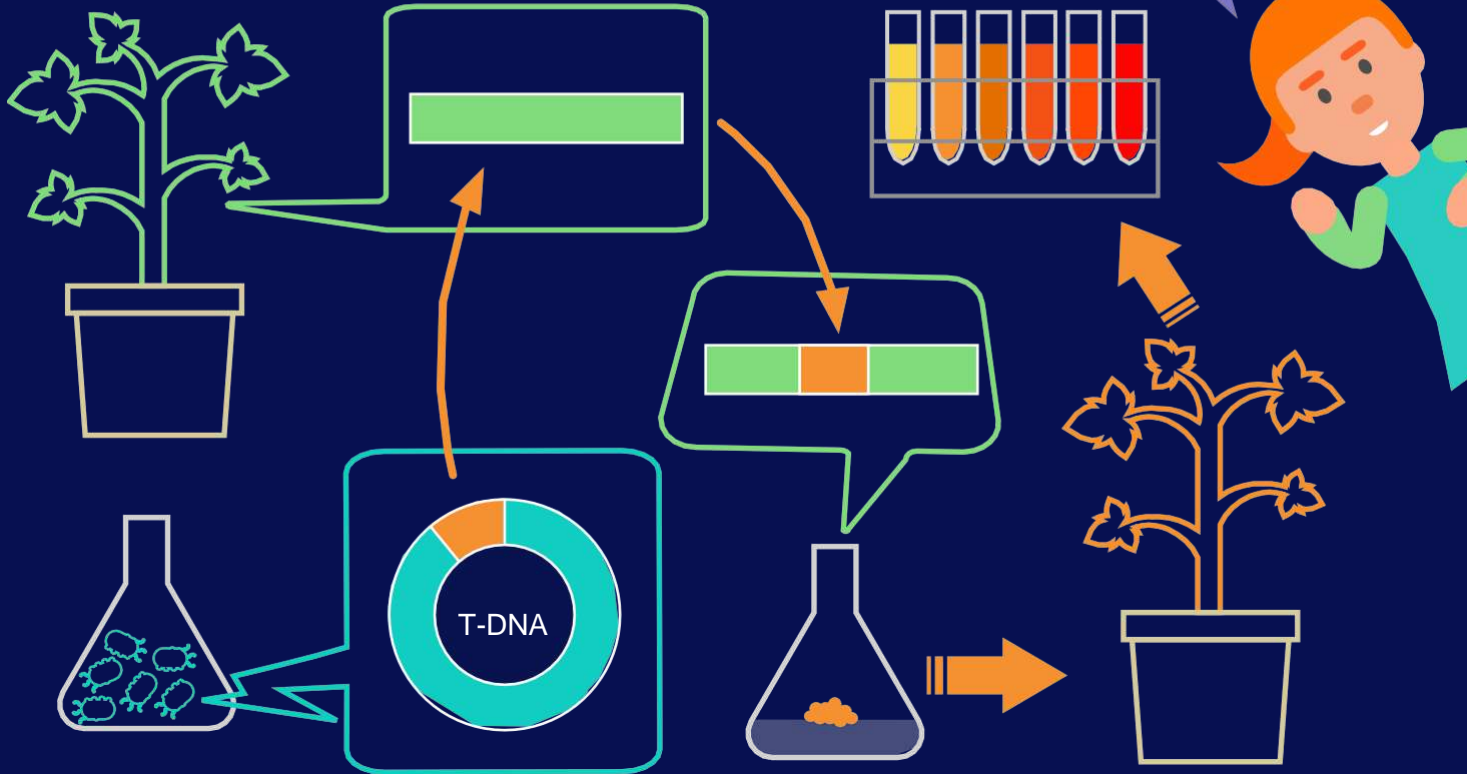
LA BIOTECHNOLOGIE IMITE LA NATURE

Nous avons vu précédemment que certains insectes fabriquent des caroténoïdes parce qu'ils ont incorporé dans leur génome (c'est-à-dire leur manuel de fabrication et de fonctionnement) plusieurs gènes (les instructions) provenant de champignons.

La biotechnologie fait à peu près la même chose. Dans la nature, il existe des bactéries qui transfèrent des gènes aux plantes pour fabriquer leur aliment préféré. Elles utilisent un outil appelé ADN-T, dans lequel elles placent ces gènes.

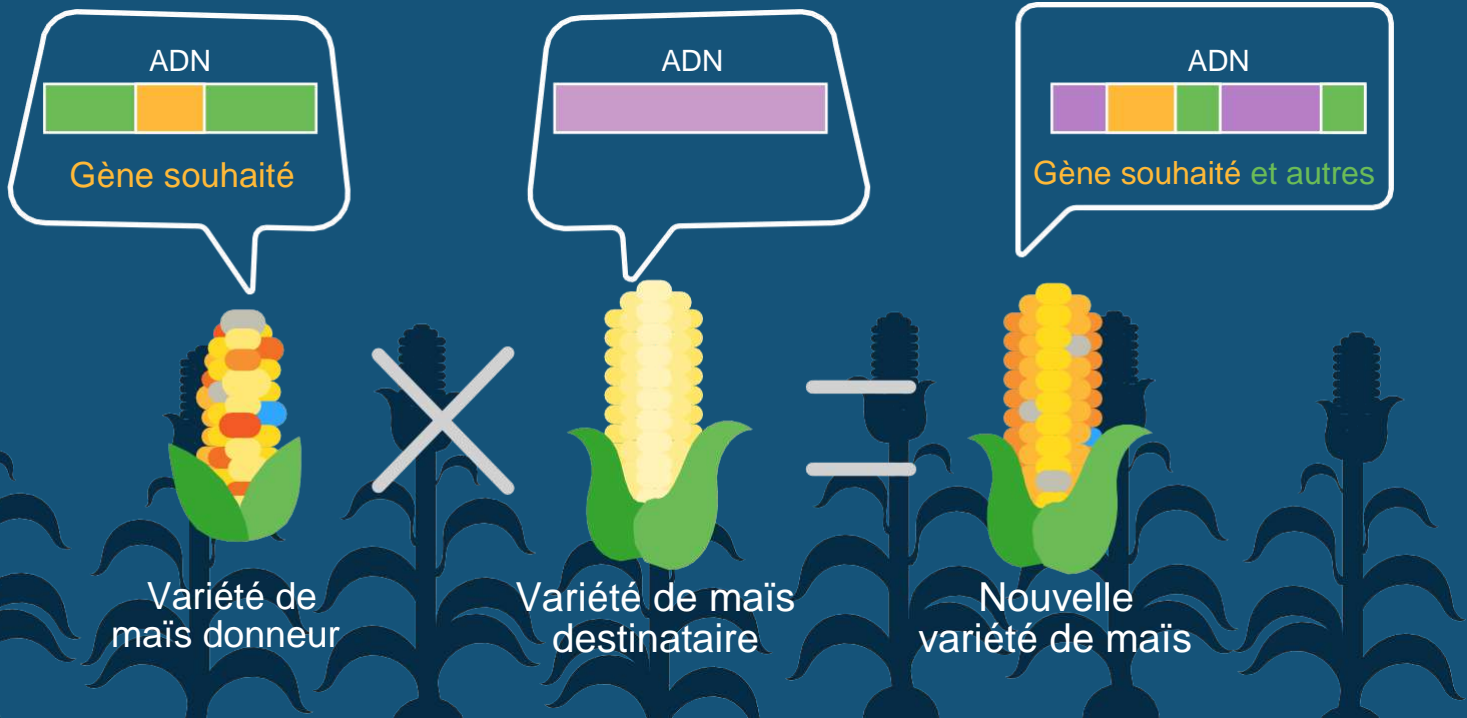


La biotechnologie végétale utilise les mêmes bactéries, mais remplace les gènes bactériens par les gènes des caroténoïdes (ou ceux qui nous intéressent) dans l'ADN-T. Cela donne à la plante les instructions pour fabriquer de nouveaux caroténoïdes, en produire davantage ou mieux les stocker.

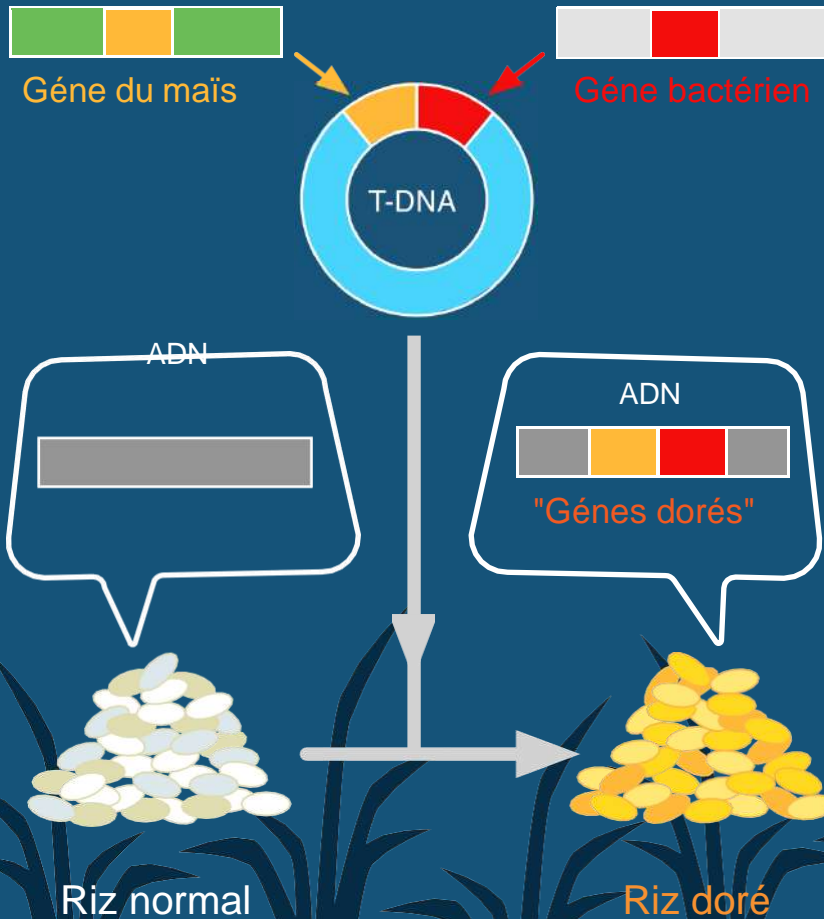


LA COLORATION DES ALIMENTS AVEC DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES

La sélection traditionnelle nécessite beaucoup de temps et de nombreux cycles de croisement et de sélection pour obtenir un nouveau caractère (par exemple, un grain de maïs contenant des caroténoïdes). En outre, elle exige que la plante productrice des gènes intéressants et celle réceptrice puissent être croisées, ce qui n'est pas toujours possible. Un autre inconvénient est que d'autres gènes moins intéressants, voire nuisibles, peuvent être transférés en même temps que les gènes souhaités.



La biotechnologie est beaucoup plus rapide, plus efficace et plus sûre. En une seule étape, la plante réceptrice ne reçoit que les gènes dont elle a besoin, qui peuvent provenir de n'importe quel organisme.



La biotechnologie a réussi à créer en très peu de temps un riz enrichi en caroténoïdes. Ce "riz doré" contient un gène du maïs et un gène d'une bactérie pour fabriquer du bêta-carotène, le principal précurseur de la vitamine A.




POUR PENSER...



La pensée scientifique consiste à poser des questions sur le fonctionnement de notre monde, à réaliser des expériences pour tester les hypothèses et à tirer des conclusions à partir des résultats. Mais elle implique également de contraster les opinions, d'accepter et d'apprécier les critiques et de continuer à remettre en question ce que nous savons en posant d'autres questions jusqu'à ce que nos connaissances soient consolidées. Je suis sûr que, comme Carlota, vous avez beaucoup d'idées et de questions sur les caroténoïdes - c'est très bien!

Bien que personne ne sache tout et que personne ne détienne la vérité absolue, il existe des scientifiques vers lesquels vous pouvez vous tourner. Voulez-vous savoir qui ils sont ?



Quelle est la fonction de la couleur apportée par les caroténoïdes sur les feuilles en automne?

Comment savoir si la couleur d'un aliment est due à des caroténoïdes ou à d'autres pigments ?

Qu'est-ce qui est le plus sain : un poivron vert, jaune, orange ou rouge ?

Les caroténoïdes peuvent-ils être produits dans n'importe quel aliment à l'aide de la biotechnologie?

Combien de gènes faut-il pour produire des pommes de pin roses?

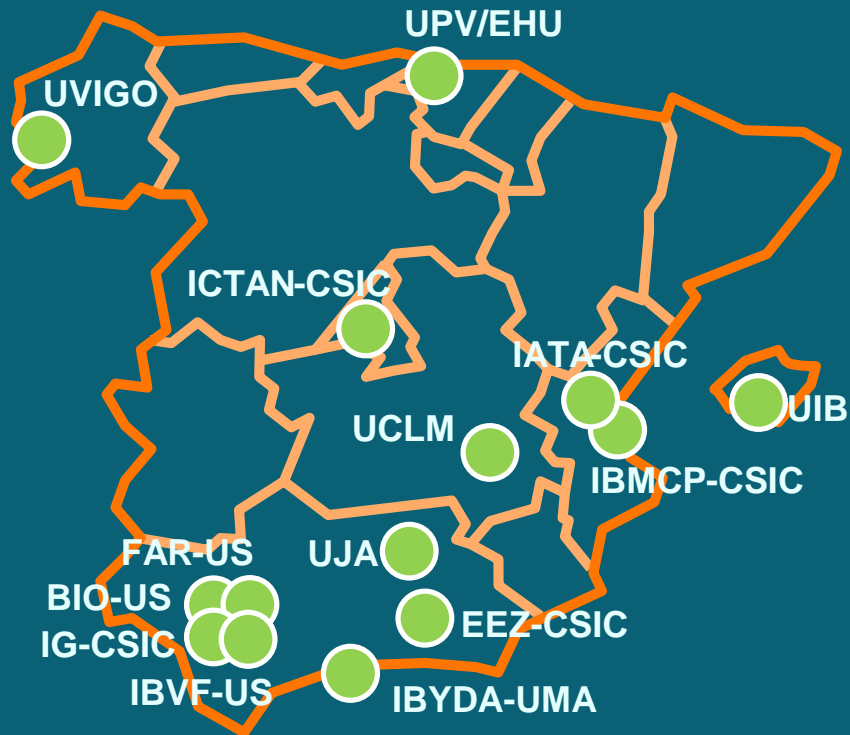
DEMANDER AUX EXPERTS



CaRed

En Espagne, un réseau de scientifiques se consacre à l'étude intégrée des caroténoïdes.

Il est appelé CaRed et a été financé par MINECO (BIO2015-71703-REDT de 2016 à 2017 et BIO2017-90877-REDT de 2018 à 2020) et MICINN (RED2022-134577-T de 2023 à 2025). Les chercheurs du CaRed couvrent la production de caroténoïdes dans différents organismes, leur manipulation par la biotechnologie, leur présence dans les aliments et leurs propriétés pour la nutrition et la santé.



UVIGO, Vigo

Ángel Rodríguez de Lera
qolera@uvigo.es

UIB, Univ. de les Illes Balears, Palma

Joan Ribot / M. Lluïsa Bonet
joan.ribot@uib.es / luisabonet@uib.es

IATA-CSIC, Valencia

M^a Jesús Rodrigo / Lorenzo Zacarías
mjrodrigo@iata.csic.es / lzacarias@iata.csic.es

IBMCP-CSIC, Valencia

Manuel Rodríguez Concepción
manuelrc@ibmcp.upv.es

EEZ-CSIC, Granada

Juan A. López Ráez
juan.lopezraez@eez.csic.es

IBYDA-UMA, Málaga

Félix López Figueroa / Nathalie Korbee
felix_lopez@uma.es / nkorbee@uma.es

US-BIO Universidad de Sevilla (Farmacia)

Antonio J. Meléndez Martínez
ajmelendez@us.es

UJA, Jaen

Ruperto Bermejo
rbermejo@ujaen.es

IBVF-US, Sevilla

Mercedes Garcia González
mggonza@us.es

US-FAR Universidad de Sevilla (Biología)

M^a Carmen Limón / Javier Ávalos
carmenlimon@us.es / avalos@us.es

Inst. de la Grasa-CSIC, Sevilla

Dámaso Hornero Méndez
hornero@ig.csic.es

ICTAN-CSIC, Madrid

Begoña Olmedilla Alonso
BOlmedilla@ictan.csic.es

UPV/EHU, Bizkaia

Raquel Esteban
raquel.esteban@ehu.eus

UCLM, Albacete

M^a Lourdes Gómez / Oussama Ahrazem
MariaLourdes.Gomez@uclm.es /
Oussama.Ahrazem@uclm.es

Contactez nos
scientifiques pour obtenir
des réponses à vos
questions et à vos doutes
sur les caroténoïdes
- ils seront heureux de
vous aider!





© 2024

Texte et graphisme: Manuel Rodríguez-Concepción et Ernesto Llamas

Illustrations: Ernesto Llamas (www.sketchingscience.org)

Traduit par: Oussama Ahrazem El Kadiri (Oussama.Ahrazem@uclm.es)

Remerciements :

À M^a Victoria Barja, Miguel Simón, Miguel Ezquerro, Luca Morelli, Sofia Hernández, Lorenzo Zacarías, M^a Jesús Rodrigo, M^a Lourdes Gómez, Juan Antonio López-Ráez, Dámaso Hornero, Javier Ávalos, M^a Carmen Limón et Begoña Olmedilla pour leurs commentaires sur le texte.

Aux membres du réseau espagnol des caroténoïdes (CaRed) pour leur soutien, leur collaboration et leur enthousiasme pour le projet.

Le Ministère de l'économie et de la compétitivité et le Ministère de la science et de l'innovation pour le financement du CaRed (projets BIO2015-71703-REDT, BIO2017-90877-REDT et RED2022-134577-T).