Effet du changement climatique sur les arbres fruitiers: quels opportunités et défis implique le protocole de Nagoya?

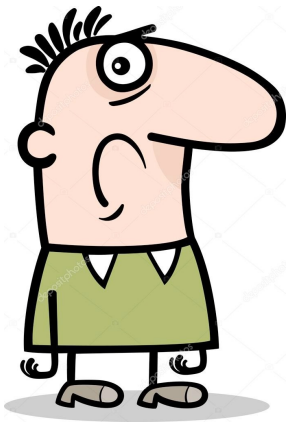
Amandine CORNILLE
CNRS researcher, Leader ECLECTIC group
Génétique Quantitative et Evolution - Le Moulon

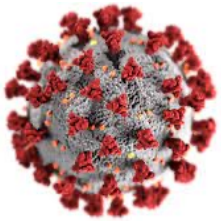
@CornilleAmand
@PommierVerger

22/03/2022, Centre d'Alembert

Réponses des populations aux changements globaux?

Emergence de maladies





Covid-19

Malaria

Emergence de ravageurs

Aphid

Credits: pixabay

Changement climatique

Arbres fruitiers: espèces clés dans écosystèmes et agrosystèmes

® Rohan Chakravarty

Réponses aux changements globaux?

Conséquences de la domestication, de l'agriculture, et des activités humaines

Nicolai Vavilov
(1887-1943)

Credits: pixabay

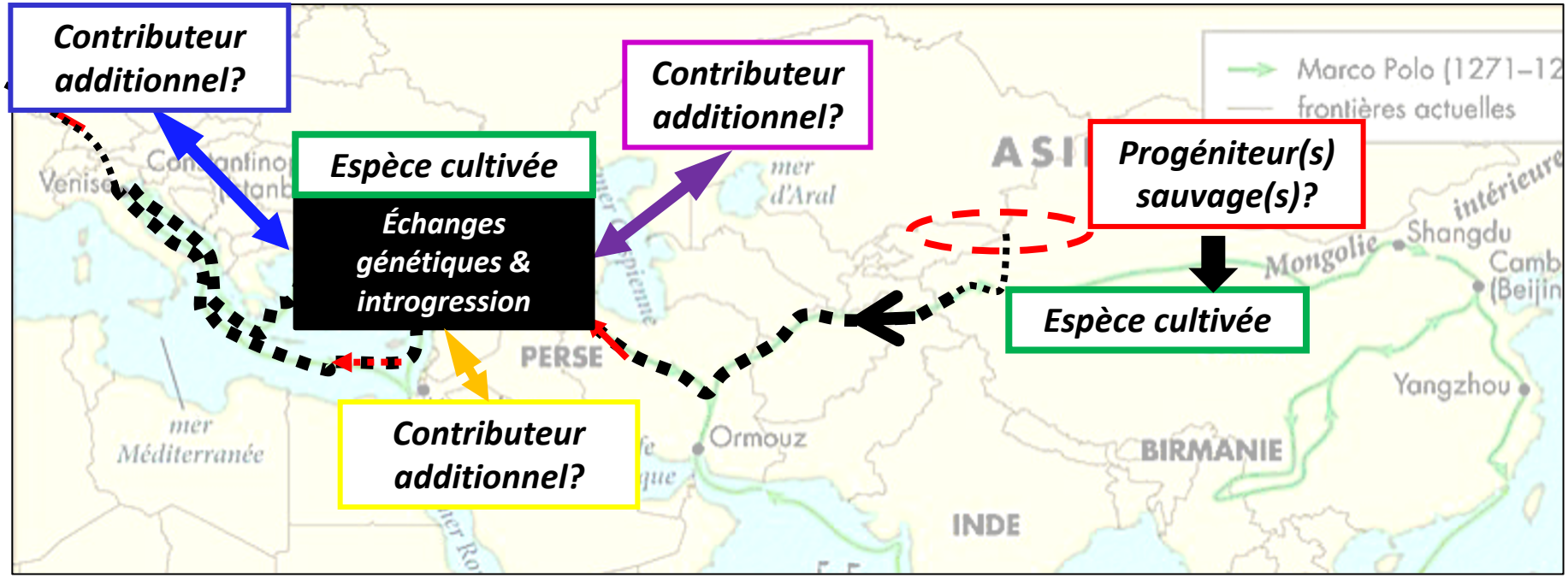
Diversité, et, échanges génétiques au sein des compartiments cultivés et entre compartiments sauvages et cultivés: clés pour la résilience des agrosystèmes

Comprendre la réponse **des arbres fruitiers cultivés et sauvages** aux changements globaux?

Histoire évolutive des espèces cultivées?

Origine: quels contributeurs et où?

Diffusion: vers où et contributeurs?



Credits: pixabay

Comprendre la réponse **des arbres fruitiers cultivés et sauvages** aux changements globaux?

Histoire évolutive des espèces cultivées?

Origine: quels contributeurs et où?

Diffusion: vers où et contributeurs?

Réponses au changement climatique et aux parasites?

Expériences en **chambre de croissance**

Expériences en **milieux naturels**

Détection de **gènes** associés à l'adaptation

Credits: pixabay

Comprendre la réponse **des arbres fruitiers cultivés et sauvages** aux changements globaux?

Histoire évolutive des espèces cultivées?

Origine: quels contributeurs et où?

Diffusion: vers où et contributeurs?

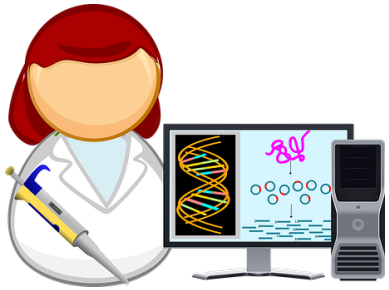
Réponses au changement climatique et aux parasites?

Expériences en **chambre de croissance**

Expériences en **milieux naturels**

Détection de **gènes** associés à l'adaptation

Accès aux ressources génétiques et pratiques traditionnelles



Credits: pixabay

Comprendre la réponse **des arbres fruitiers cultivés et sauvages** aux changements globaux?

Histoire évolutive des espèces cultivées?

Origine: quels contributeurs et où?

Diffusion: vers où et contributeurs?

Réponses au changement climatique et aux parasites?

Expériences en **chambre de croissance**

Expériences en **milieux naturels**

Détection de **gènes** associés à l'adaptation

Accès aux ressources génétiques et pratiques traditionnelles

Recherche fondamentale

Mécanismes évolutifs à l'origine de la diversité

Recherche appliquée: Agronomie et industrie

Quelles ressources génétiques conserver et comment?

Credits: pixabay

Ressources génétiques sauvages et cultivées & changements globaux

Matériel de base pour l'amélioration variétale:

Source de résistance aux **stress biotiques et abiotiques**

➡ Création de nouvelles variétés 🍎

Changements globaux et de croissance des populations humaines

https://www.bioversityinternational.org/research-portfolio/policies-for-plant-diversity-management/mutual-implementation-of-nagoya-protocol-and-plant-treaty/

Ressources génétiques sauvages et cultivées & changements globaux

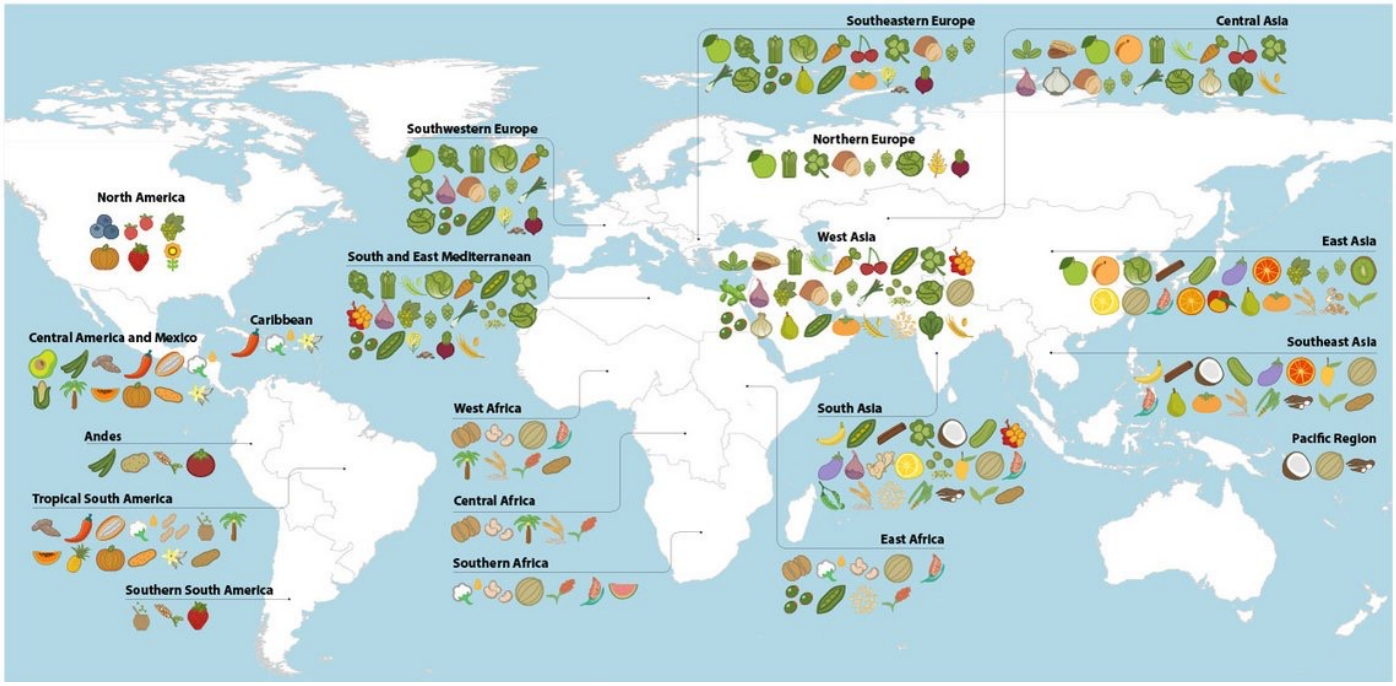
Matériel de base pour l'amélioration variétale:

Source de résistance aux **stress biotiques et abiotiques**

➡ Création de nouvelles variétés 🍎

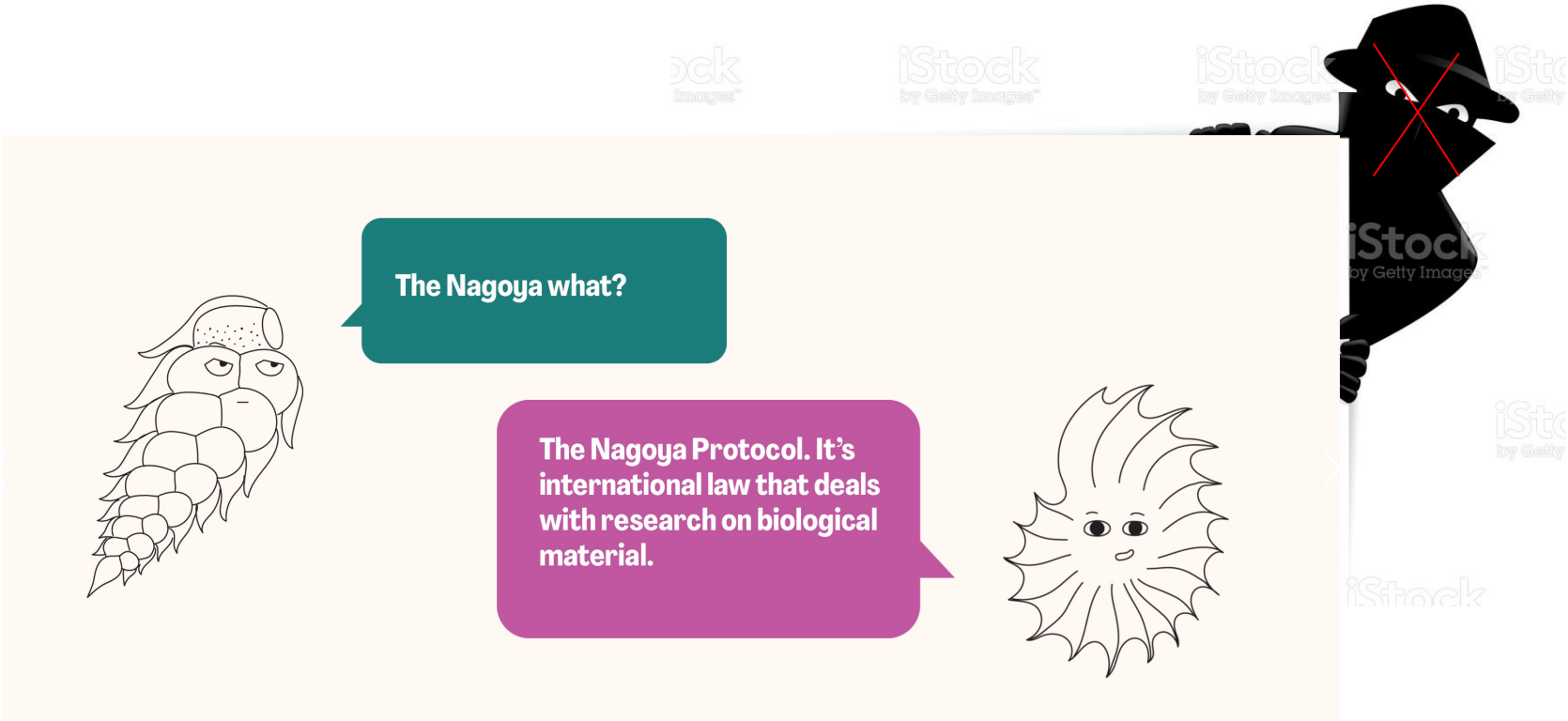
Changements globaux et de croissance des populations humaines

Pays interdépendants pour leur production



https://www.bioversityinternational.org/research-portfolio/policies-for-plant-diversity-management/mutual-implementation-of-nagoya-protocol-and-plant-treaty/

Le protocole de Nagoya? Traité international



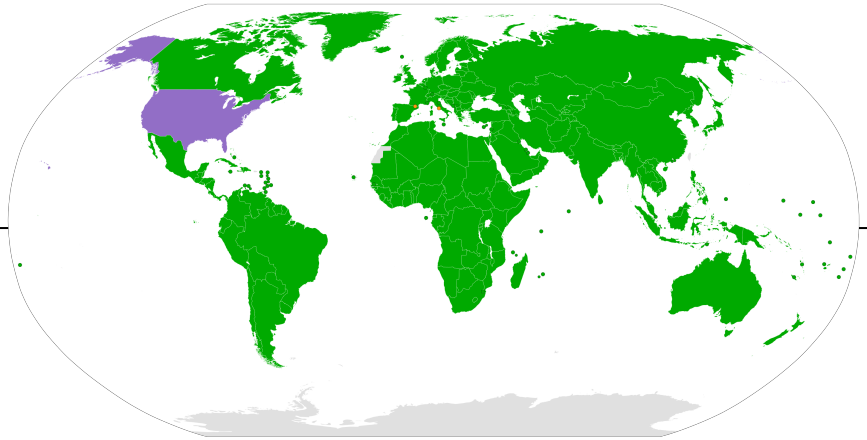
Accès aux ressources génétiques et partage juste et équitable des avantages découlant de leur utilisation

https://www.nagoyaprotocol-hub.de

Avant le protocole de Nagoya…

1992

Convention sur la diversité biologique



Signée & ratifiée par 150 pays

Années

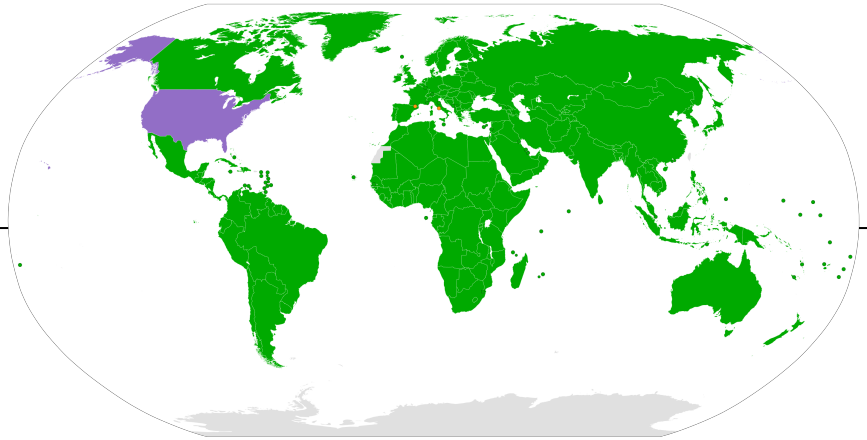
https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-nagoya-fr.pdf

Ratifier: confirmer par un acte authentique juridique

Avant le protocole de Nagoya…

1992

Convention sur la diversité biologique



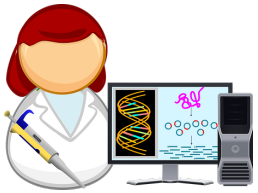
Années

Convention on Biological Diversity

Signée & ratifiée par 150 pays

-Conservation de la biodiversité
-Utilisation durable des ressources en découlant
-Partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques

NATURA 2000



https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-nagoya-fr.pdf

Ratifier: confirmer par un acte authentique juridique

Le protocole de Nagoya

Rio Earth Summit 1992
Local, national and international action

COP10/MOP5
AICHI-NAGOYA
JAPAN 2010

18 years

1992 ⟷ 2010

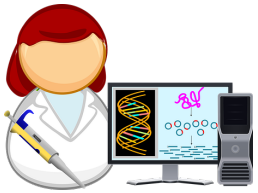
Années

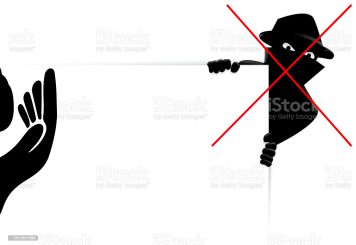
Convention sur la diversité biologique

Convention on Biological Diversity

Protocole de Nagoya

-Amélioration de **l'accès aux ressources génétiques & connaissances traditionnelles** associées à leur utilisation
-Partage plus juste et équitable des avantages
-Conformité entre les parties prenantes (**éviter fraudes**)

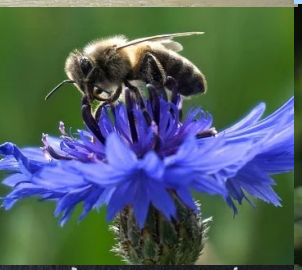


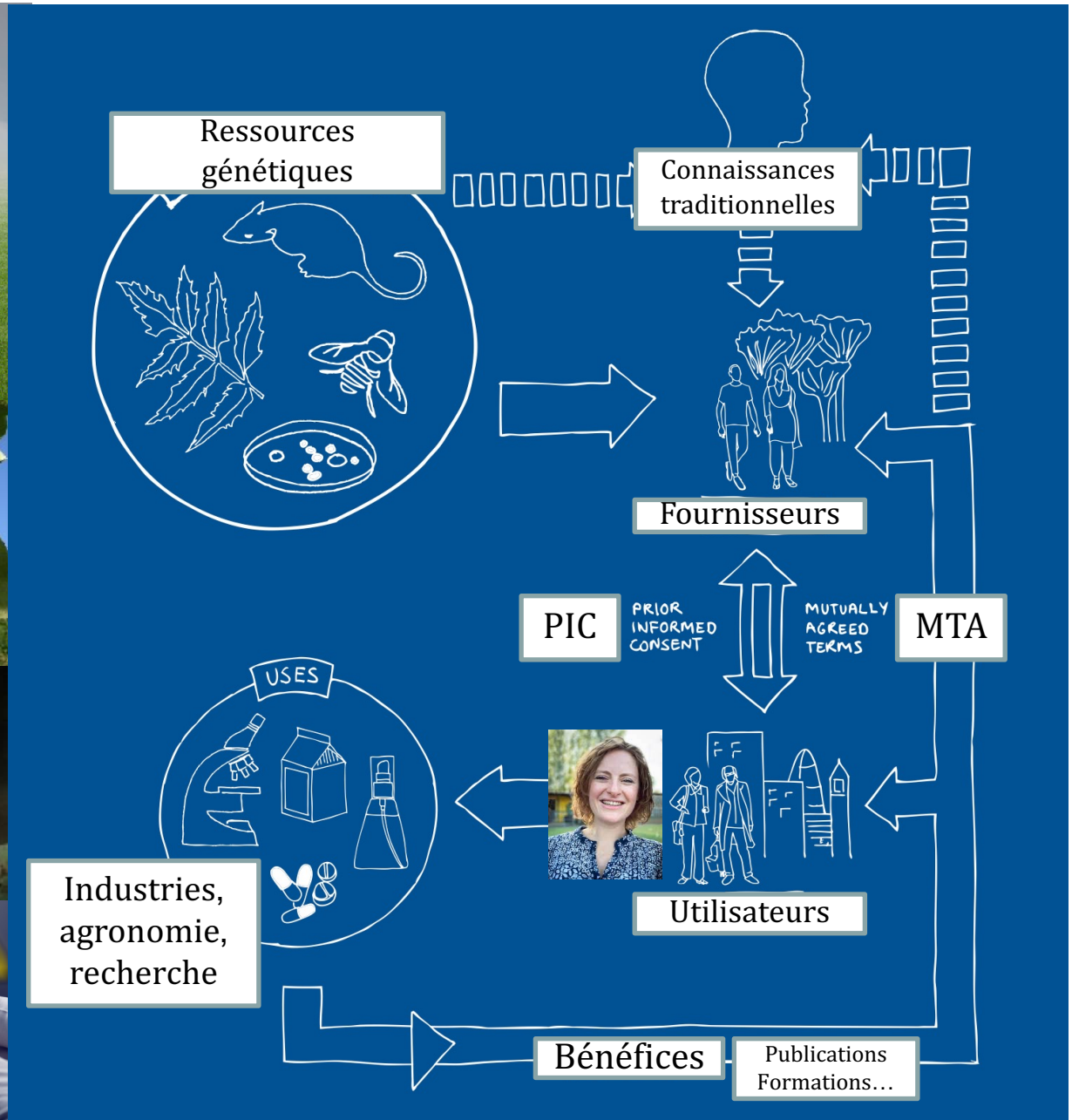


https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-nagoya-fr.pdf

Ratifier: confirmer par un acte authentique juridique

Le protocole de Nagoya





https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-nagoya-en.pdf

Le protocole de Nagoya

1992

Réglementation "APA":
Accès et Partage des Avantages

2010 2013 2014

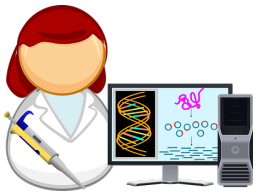
Années

Convention sur la diversité biologique

Convention on Biological Diversity

Protocole de Nagoya

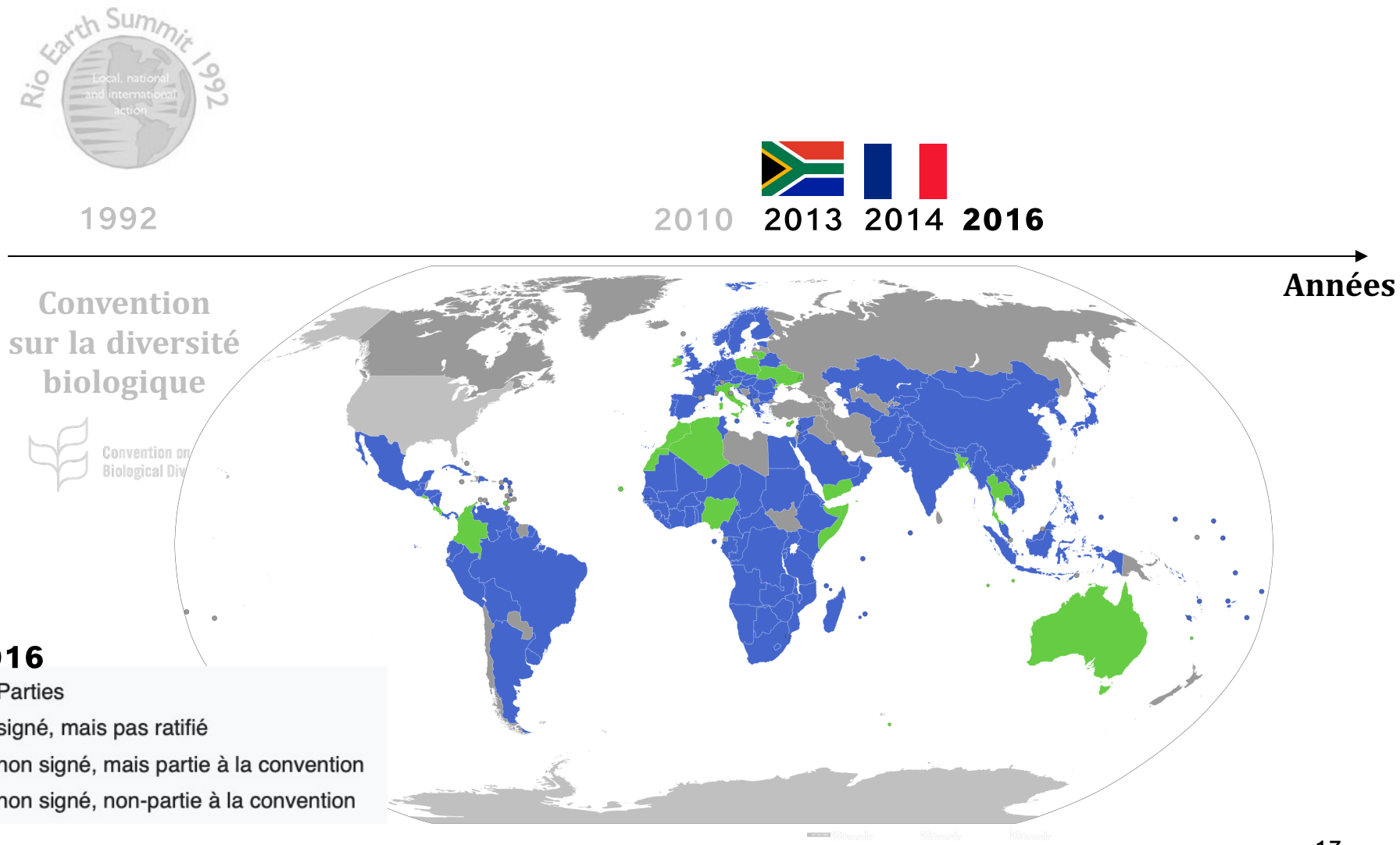
-amélioration de **l'accès aux ressources génétiques et aux connaissances traditionnelles** associées à leur utilisation
-**partage plus juste et équitable des avantages**
-conformité entre les parties prenantes (**éviter fraudes**)



https://treaties.un.org/

Ratifier: confirmer par un acte authentique juridique

Le protocole de Nagoya

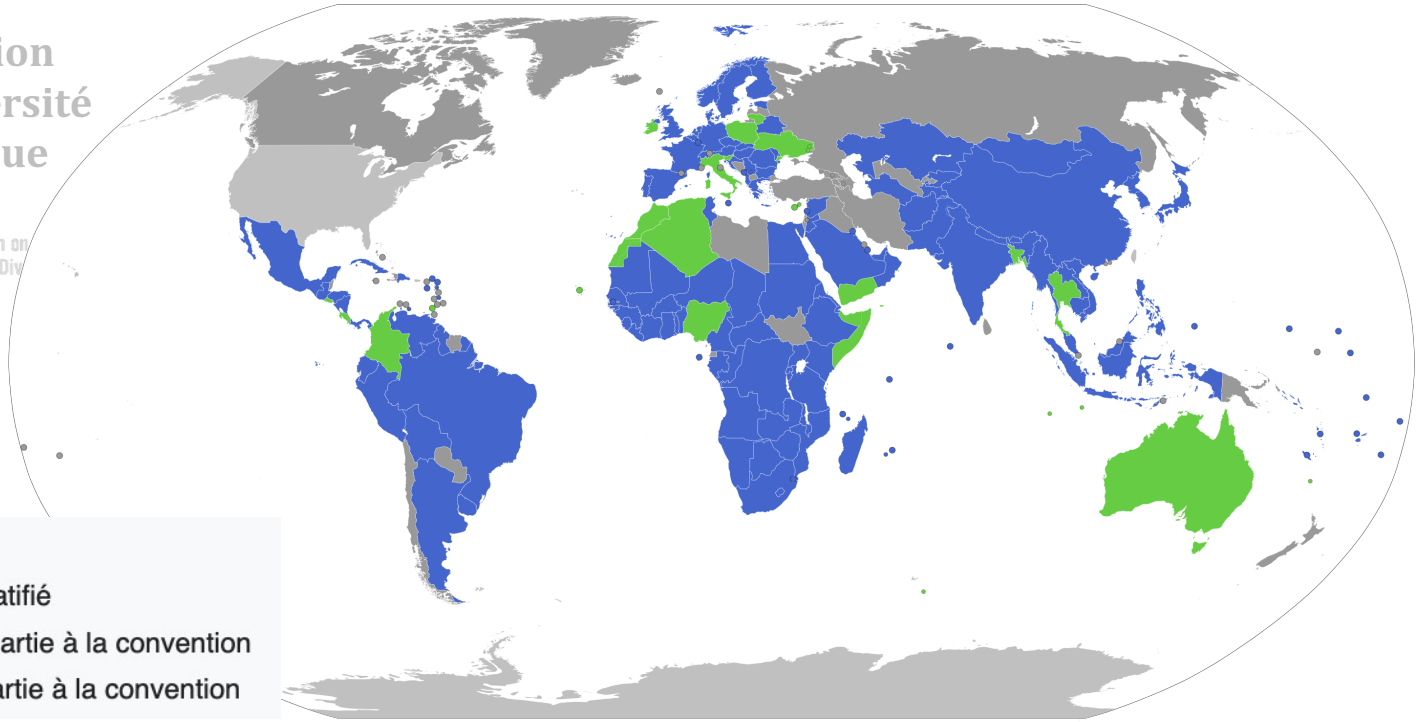


https://treaties.un.org/

Ratifier: confirmer par un acte authentique juridique

Le protocole de Nagoya

Convention sur la diversité biologique



2016

- Parties
- signé, mais pas ratifié
- non signé, mais partie à la convention
- non signé, non-partie à la convention

https://treaties.un.org/

Ratifier: confirmer par un acte authentique juridique

Réponses des pommiers cultivés et sauvages aux changements globaux?

COP10/MOP5
AICHI-NAGOYA
JAPAN 2010

2010

Histoire évolutive du pommier cultivé?

Origine: quels contributeurs et où?

Diffusion: vers où et contributeurs?

Réponses au changement climatique et aux attaques de parasites?

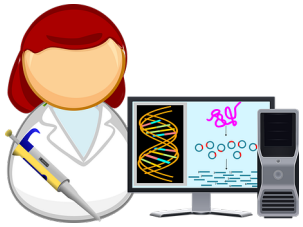
Expériences en **chambre de croissance**

Expériences en **milieux naturels**

Détection de **gènes** associés à l'adaptation

Temps

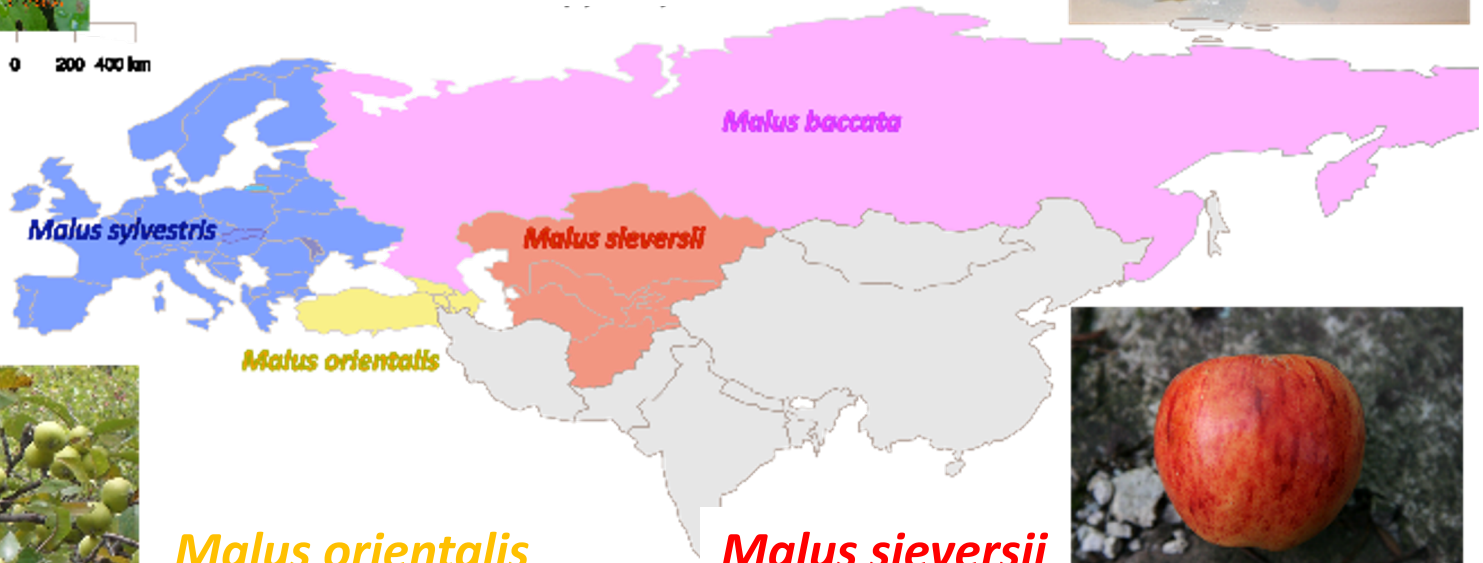
Accès aux ressources génétiques et pratiques traditionnelles et partage juste et équitable des avantages issus de leurs utilisations



Réponses des pommiers cultivés et sauvages aux changements globaux?

Malus sylvestris
Diamètre: 1-3 cm

Malus baccata
Diamètre: <1 cm



Malus orientalis
Diamètre: 2-4 cm

Malus sieversii
Jusqu'à 6 cm

Différents pays

Différentes législations/ratifications

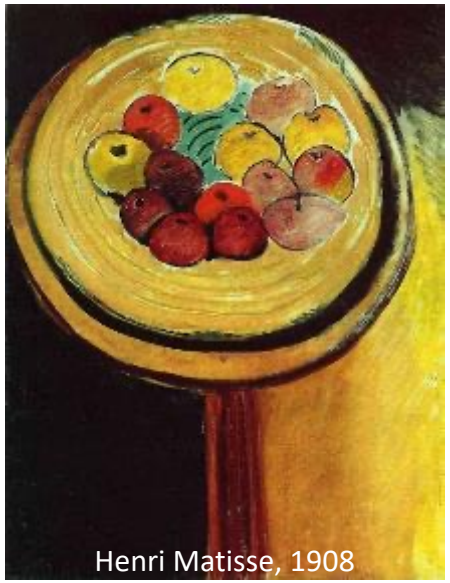
Credits: Cornille et al. 2014 TIG

Histoire de domestication du pommier cultivé?

René Magritte, 1964

Credits: Magone

Pépins de pommiers
Epoque Romaine
(Cornille et al. TIP 2019)



Henri Matisse, 1908

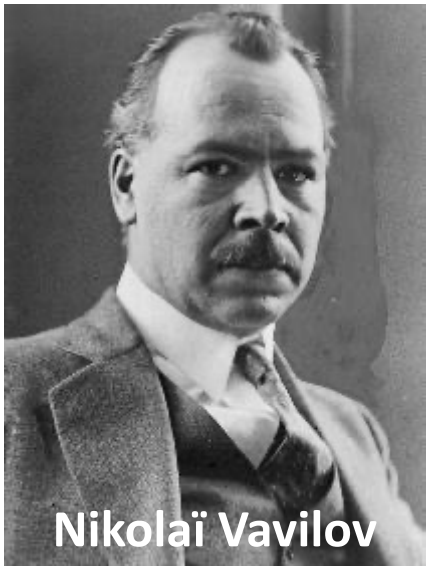
COP10/MOP5
AICHI-NAGOYA
JAPAN 2010

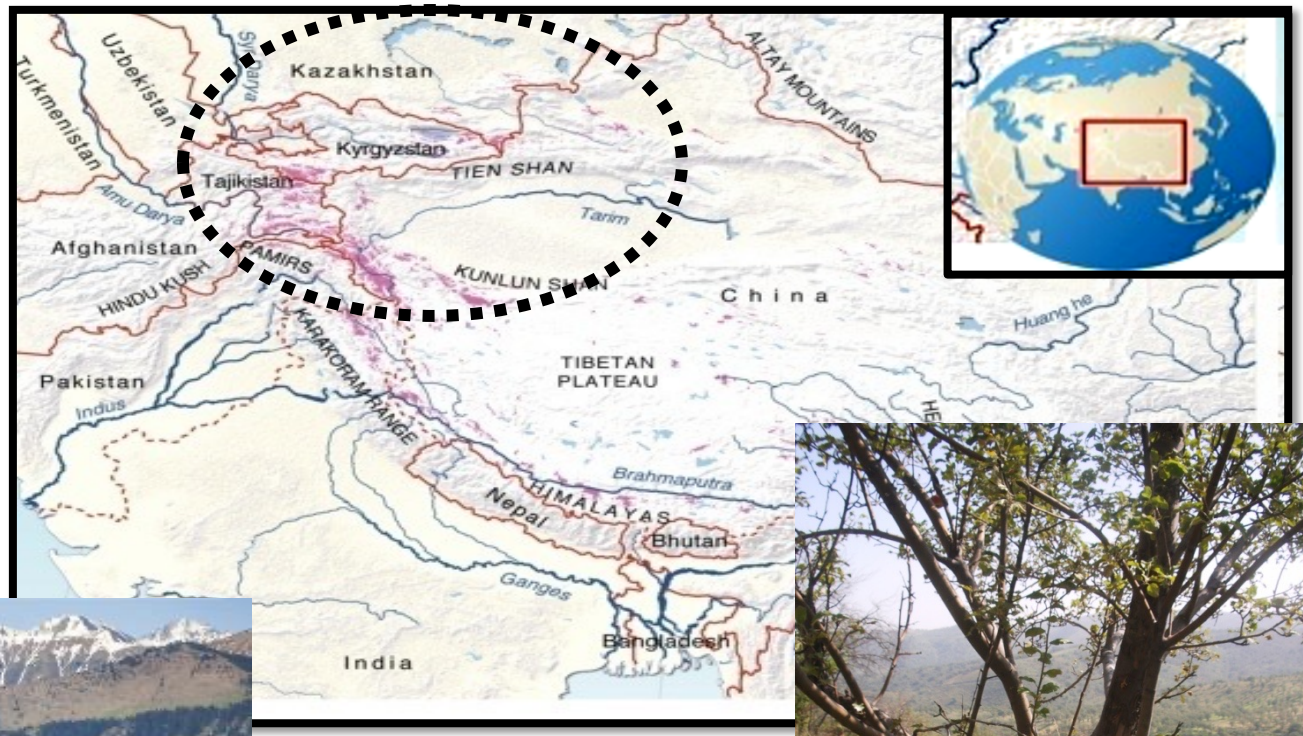
Différents savoirs et utilisations à travers le monde

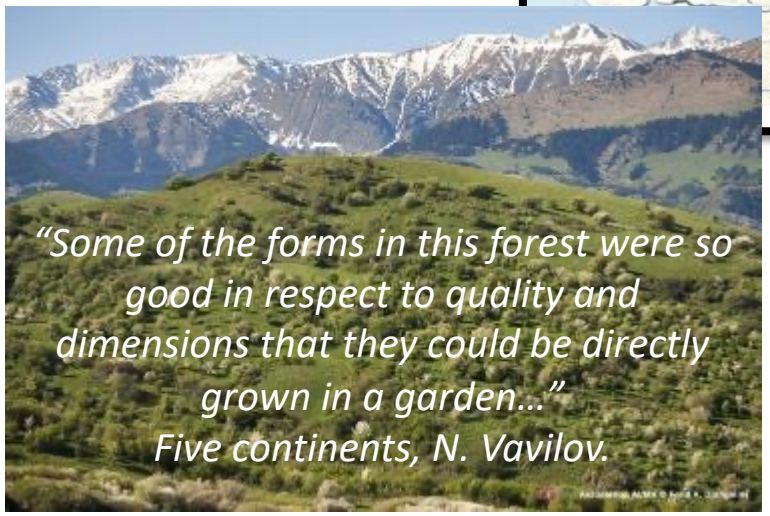
Lucas Cranach, 15th

Le pommier cultivé originaire d'Asie Centrale

Origine: *M. sieversii* dans les montagnes du Tian Shan

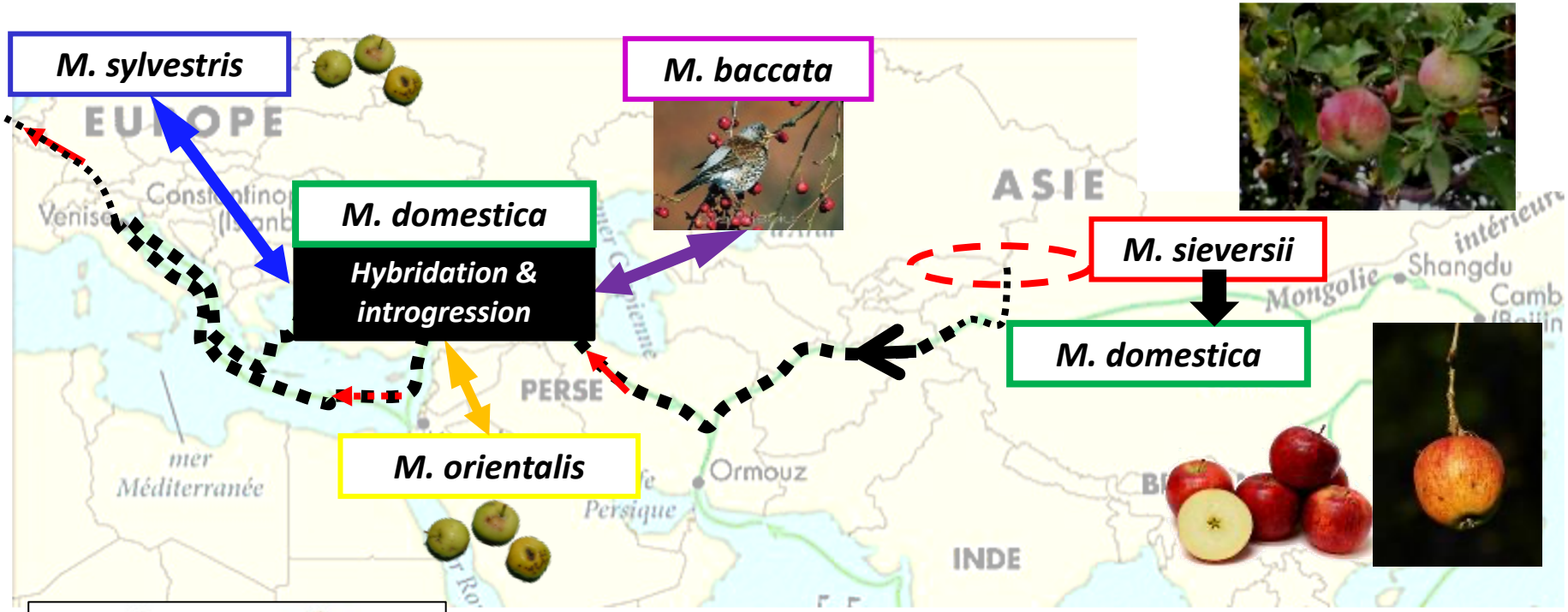


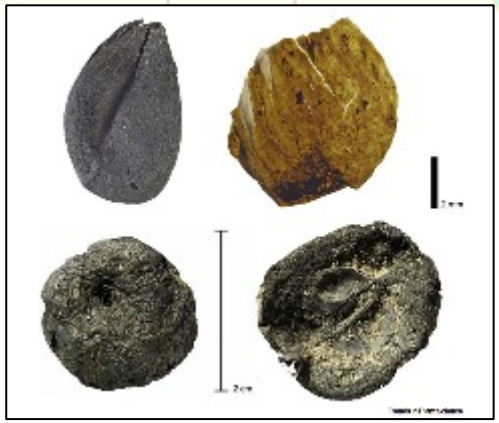




Credits: Catherine Peix-ALMA association

Contributeurs additionnels le long des Routes de la Soie?





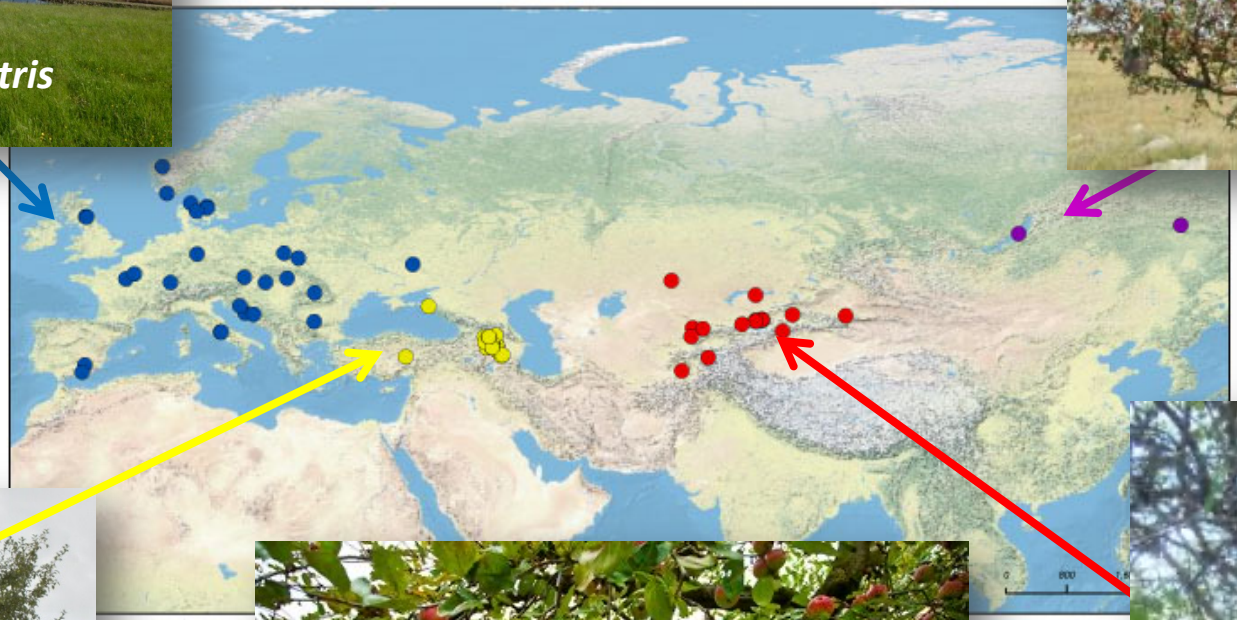
Restes de pépins
Epoque Romaine (Cornille et al. TIP 2019)

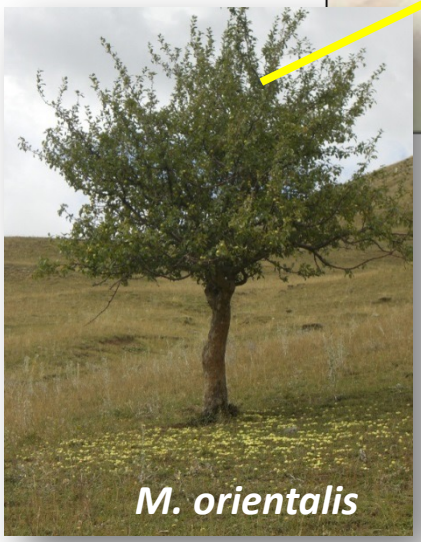
Collaborations entre pays

Echantillons de feuilles (800):

-Appel à échantillonnage

-Expéditions sur le terrain

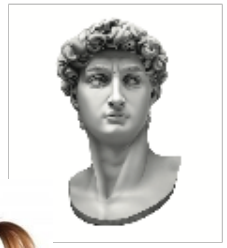


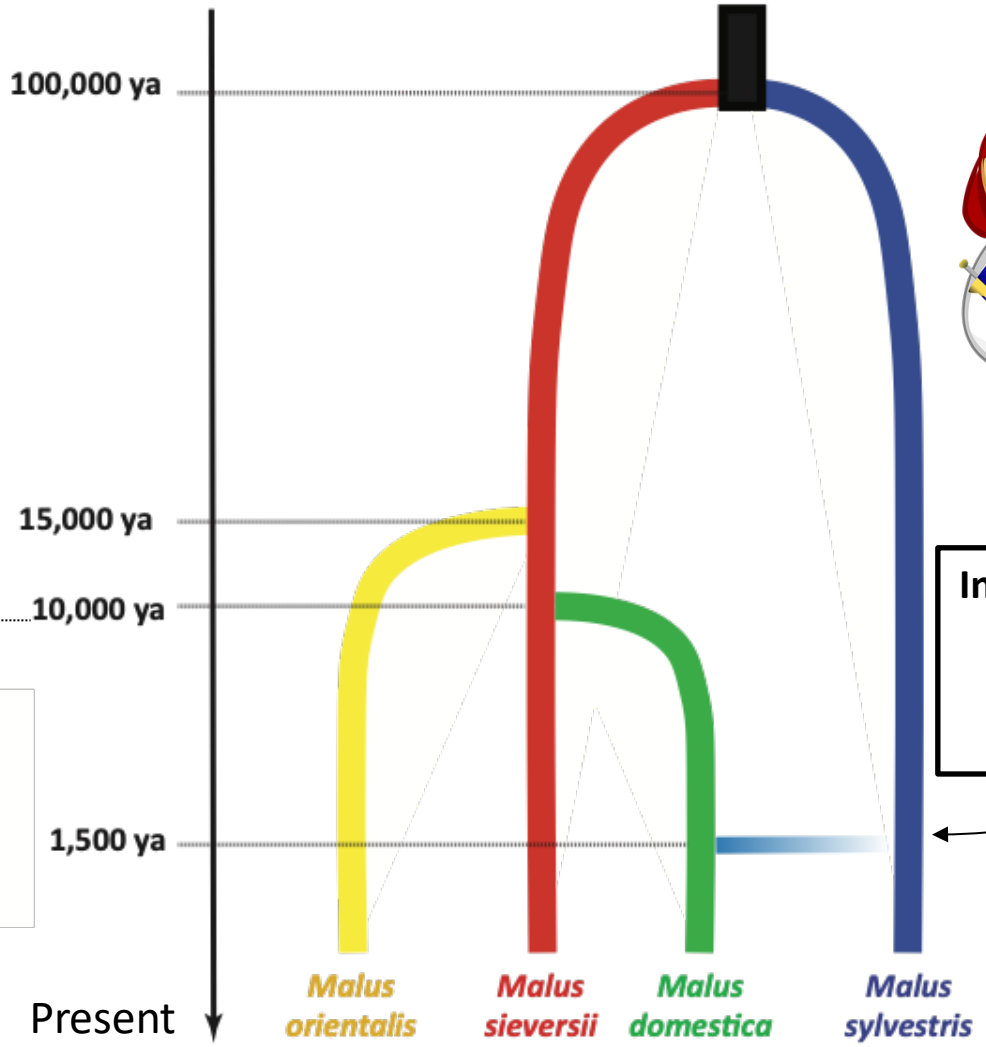


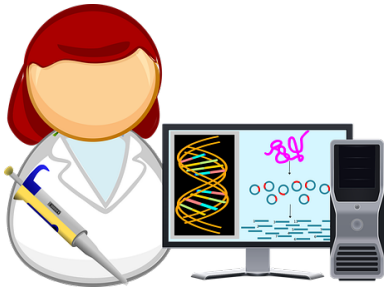
Contribution secondaire majeure du pommier sauvage européen *M. sylvestris* à l'histoire de la domestication du pommier

Marqueurs génétiques

Tian Shan







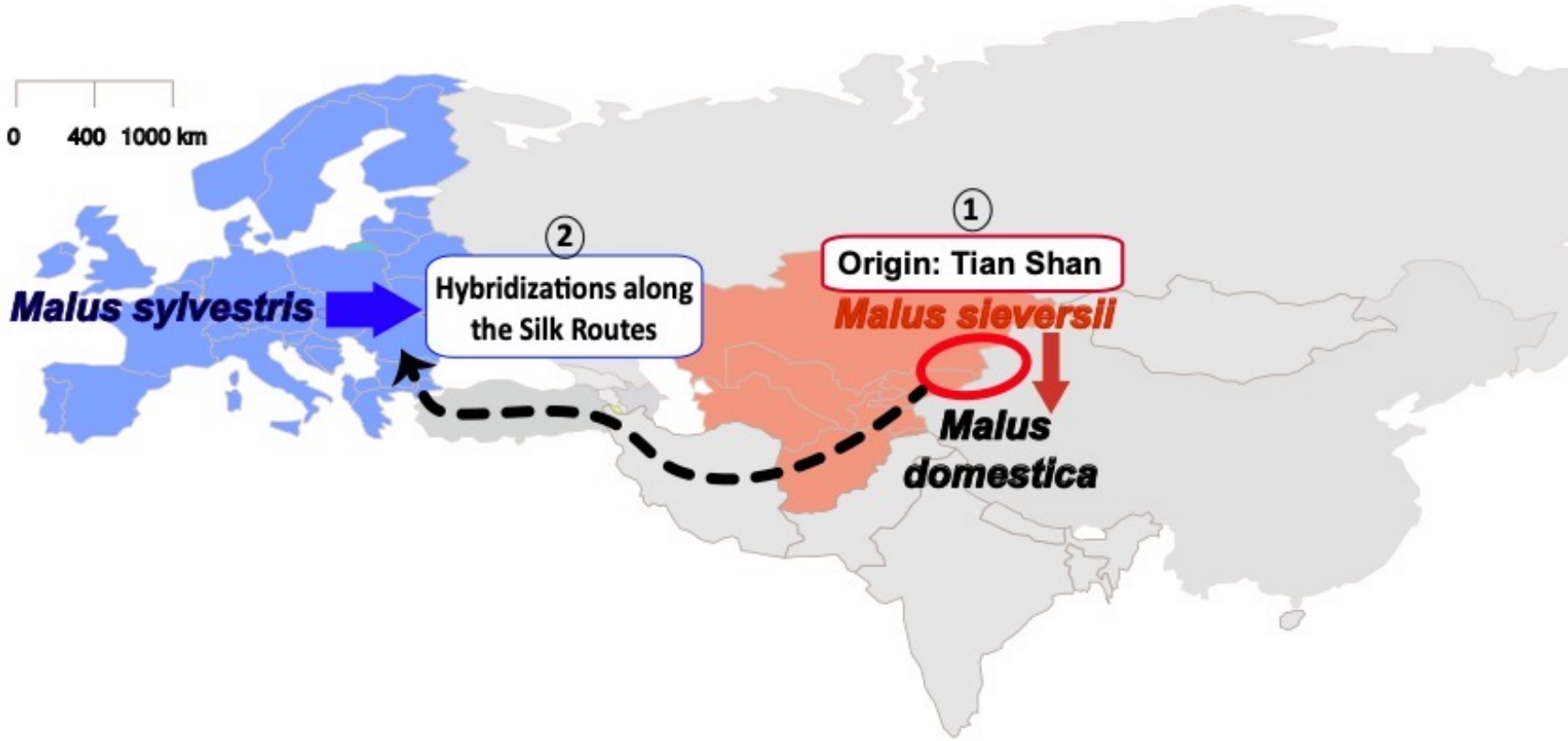
Introgressions résultats d'hybridations entre *M. sylvestris* et *M. domestica*

Cornille et al. 2012 PloS Genet.

Contribution secondaire majeure du pommier sauvage européen

M. sylvestris à l'histoire de la domestication du pommier

Marqueurs génétiques

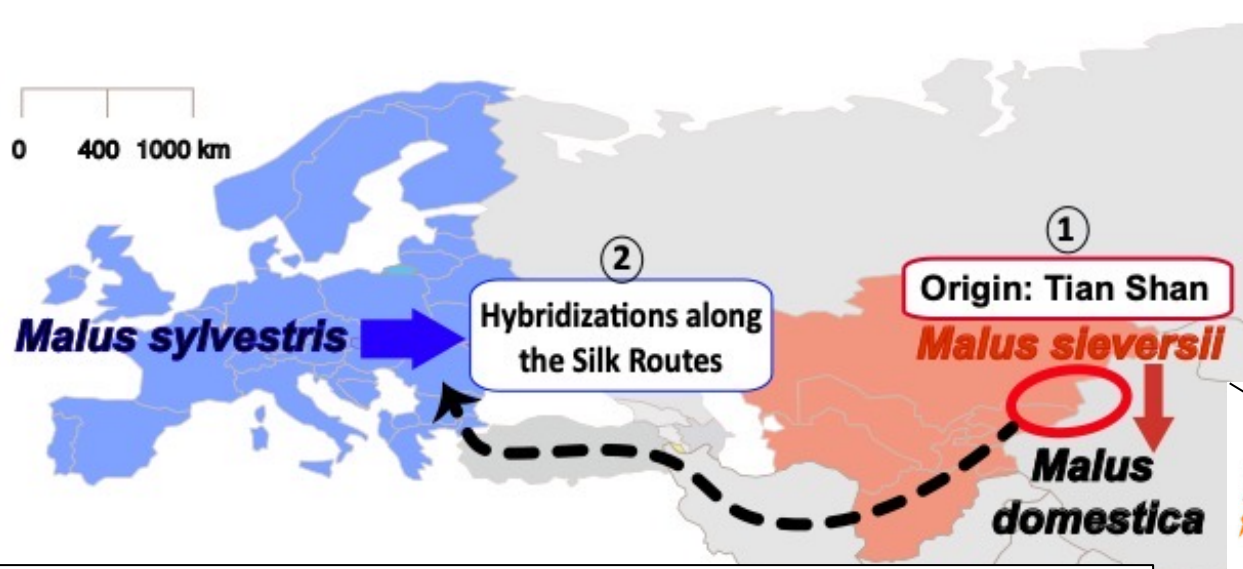


Cornille et al. 2019 Trends Plant Science
Cornille et al. 2014 TIG

Contribution secondaire majeure du pommier sauvage européen

M. sylvestris à l'histoire de la domestication du pommier

Marqueurs génétiques



New Insight into the History of Domesticated Apple: Secondary Contribution of the European Wild Apple to the Genome of Cultivated Varieties

Amandine Cornille[1,2,3]*, Pierre Gladieux[1,2,3], Marinus J. M. Smulders[4], Isabel Roldán-Ruiz[5], François Laurens[6,7,8], Bruno Le Cam[6,7,8], Anush Nersesyan[3], Joanne Clavel[1,2,3], Marina Olonova[10], Laurence Feugey[6,7,8], Ivan Gabrielyan[9], Xiu-Guo Zhang[11], Maud I. Tenaillon[12], Tatiana Giraud[1,2,3]

1 CNRS, Laboratoire Ecologie Systématique et Evolution – UMR8079, Orsay, France, **2** Université Paris Sud, Orsay, France, **3** AgroParisTech, Orsay, France, **4** Plant Research International, Wageningen UR Plant Breeding, Wageningen, The Netherlands, **5** Growth and Development Group, Plant Sciences Unit, Institute for Agricultural and Fisheries Research (ILVO), Melle, Belgium, **6** INRA, IRHS, PRES UNAM, SFR QUASAV, Beaucouzé, France, **7** Université d'Angers, IRHS, PRES UNAM, SFR QUASAV, Angers, France, **8** Agrocampus Ouest, IRHS, PRES UNAM, SFR QUASAV, Angers, France, **9** Institute of Botany, Department of Plant Taxonomy, Armenian National Academy of Sciences, Yerevan, Armenia, **10** Biological Institution, Tomsk State University, Tomsk, Russia, **11** Department of Plant Pathology, Shandong Agricultural University, Taian, China, **12** CNRS, UMR de Génétique Végétale, INRA/CNRS/Univ Paris-Sud, Gif-sur-Yvette, France

Protocole de NAGOYA en 2012: pas encore ratifié en France <u>et dans les pays concernés</u>

Cornille et al. 2012 PloS Genet.

Cornille et al. 2019 Trends Plant Science
Cornille et al. 2014 TIG

Contributions additionnelles d'autres espèces sauvages

au génome du pommier culitvé, *Malus domestica*

Marqueurs génétiques

Hamid Bina
Thèse
2019-2023

Bina. et al 2021. under review

Dr. Hamed Yousefzadeh
Tarbiat Modares Univ. (Iran)

Contributions additionnelles d'autres espèces sauvages

au génome du pommier culitvé, *Malus domestica*

Marqueurs génétiques

COP10/MOP5 AICHI-NAGOYA JAPAN 2010

Protocole de NAGOYA ratifié en France, <u>pas en Iran ni Arménie mais nécessaire pour publier</u>

CAMPUS FRANCE campusfrance.org

Hamid Bina
Thèse
2019-2023

Bina. et al 2021. under review

Dr. Hamed Yousefzadeh
Tarbiat Modares Univ. (Iran)

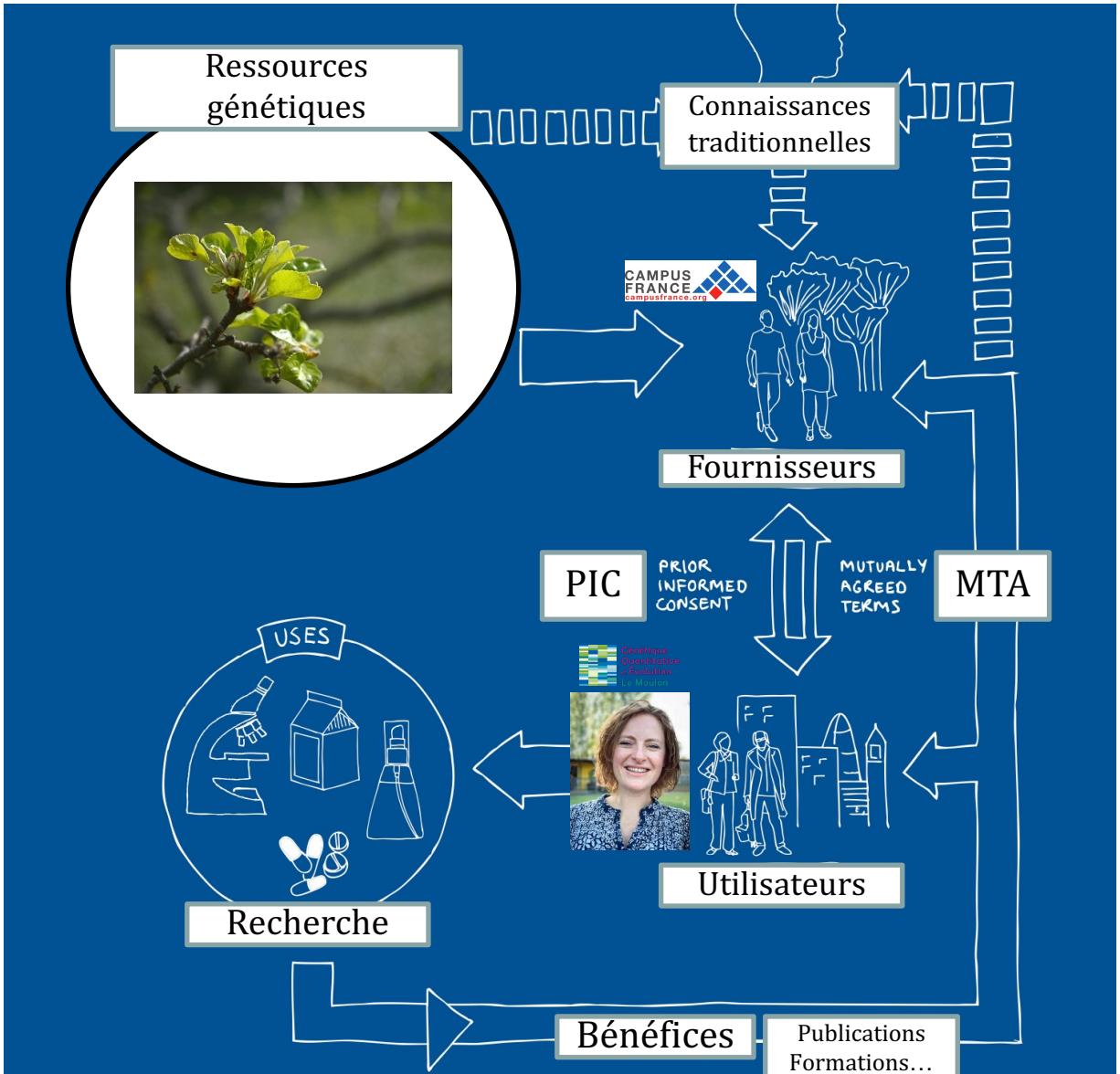
Contributions additionnelles d'autres espèces sauvages

au génome du pommier culitvé, *Malus domestica*

2016

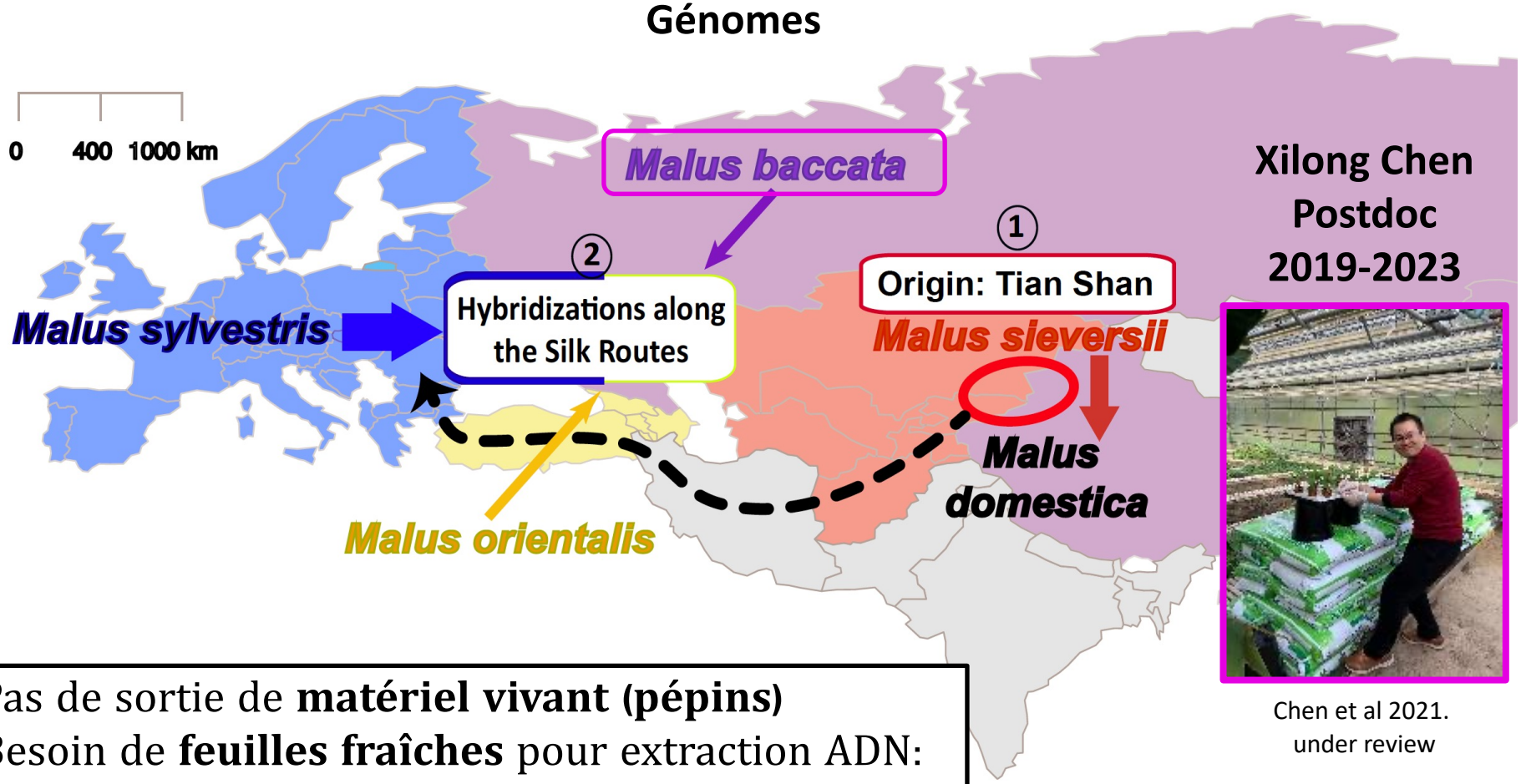
2022

https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-nagoya-en.pdf



Contributions additionnelles d'autres espèces sauvages au génome du pommier culitvé, *Malus domestica*

Génomes



Xilong Chen
Postdoc
2019-2023

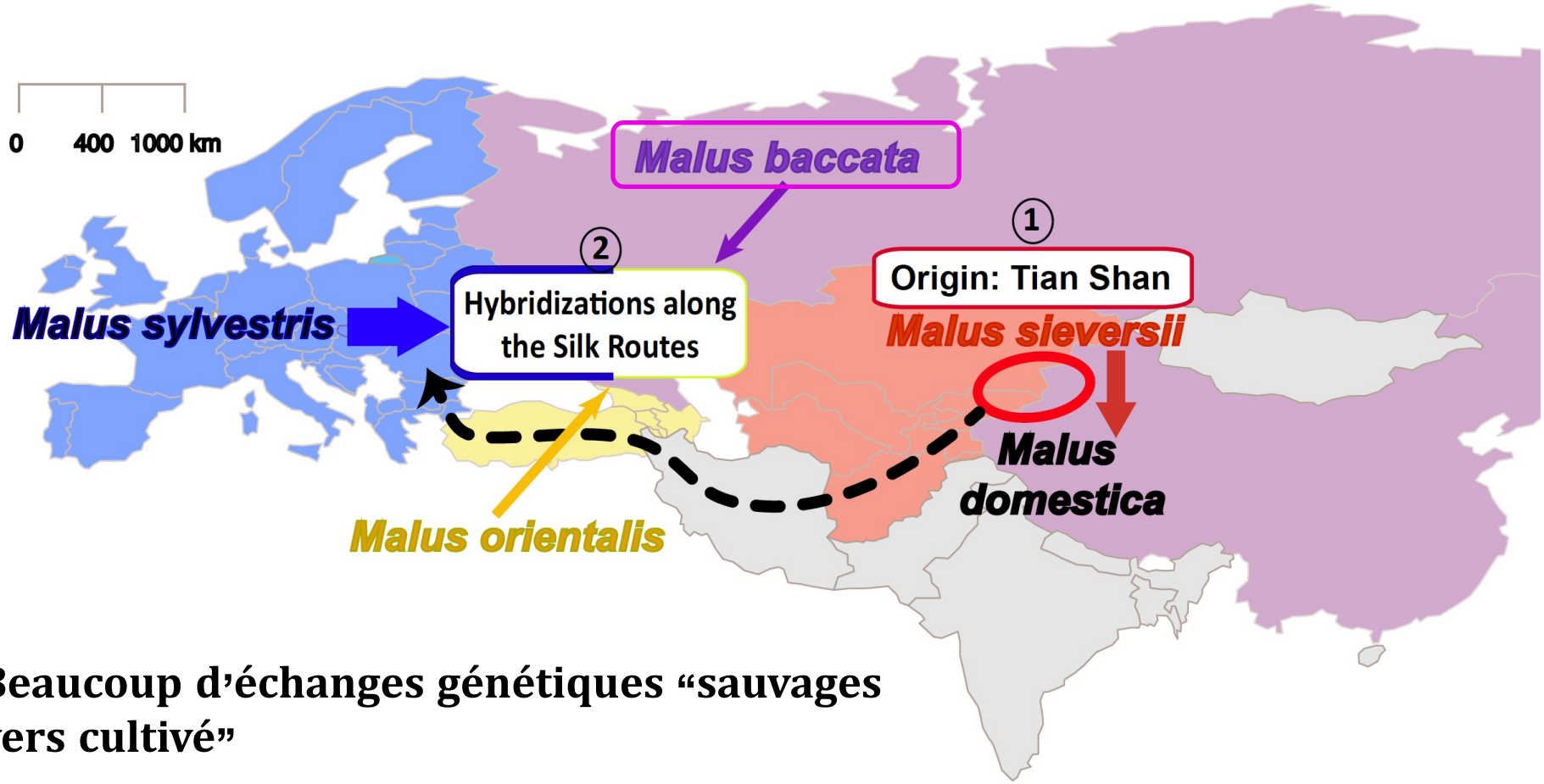
Chen et al 2021.
under review

Pas de sortie de **matériel vivant (pépins)**
Besoin de **feuilles fraîches** pour extraction ADN:
- extraction et séquençage en Chine
- Analyses en France

Signatures de MTA et de PIC

Cornille et al. 2019 Trends Plant Science
Cornille et al. 2014 TIG

Histoire de domestication complexe du pommier cultivé, *Malus domestica*



Beaucoup d'échanges génétiques "sauvages vers cultivé"

Cornille et al. 2019 Trends Plant Science
Cornille et al. 2014 TIG

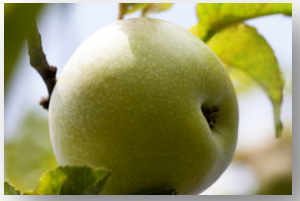
Réciproquement, échanges génétiques fréquents du pommier cultivé *M. domestica* vers le pommier sauvage européen *M. sylvestris*

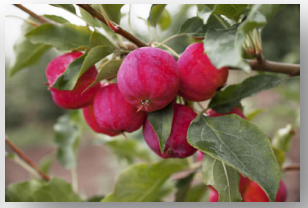
M. domestica

Introgressions cultivé vers sauvage

Sauvage vers cultivé

M. sylvestris





Contributeur secondaire

Cornille et al 2013 Mol Ecol
Cornille et al 2015 Evol Appl

Le pommier sauvage européen *M. sylvestris*, ressources génétiques "sauvages" menaces?

M. domestica

Introgressions cultivé vers sauvage

Sauvage vers cultivé

M. sylvestris

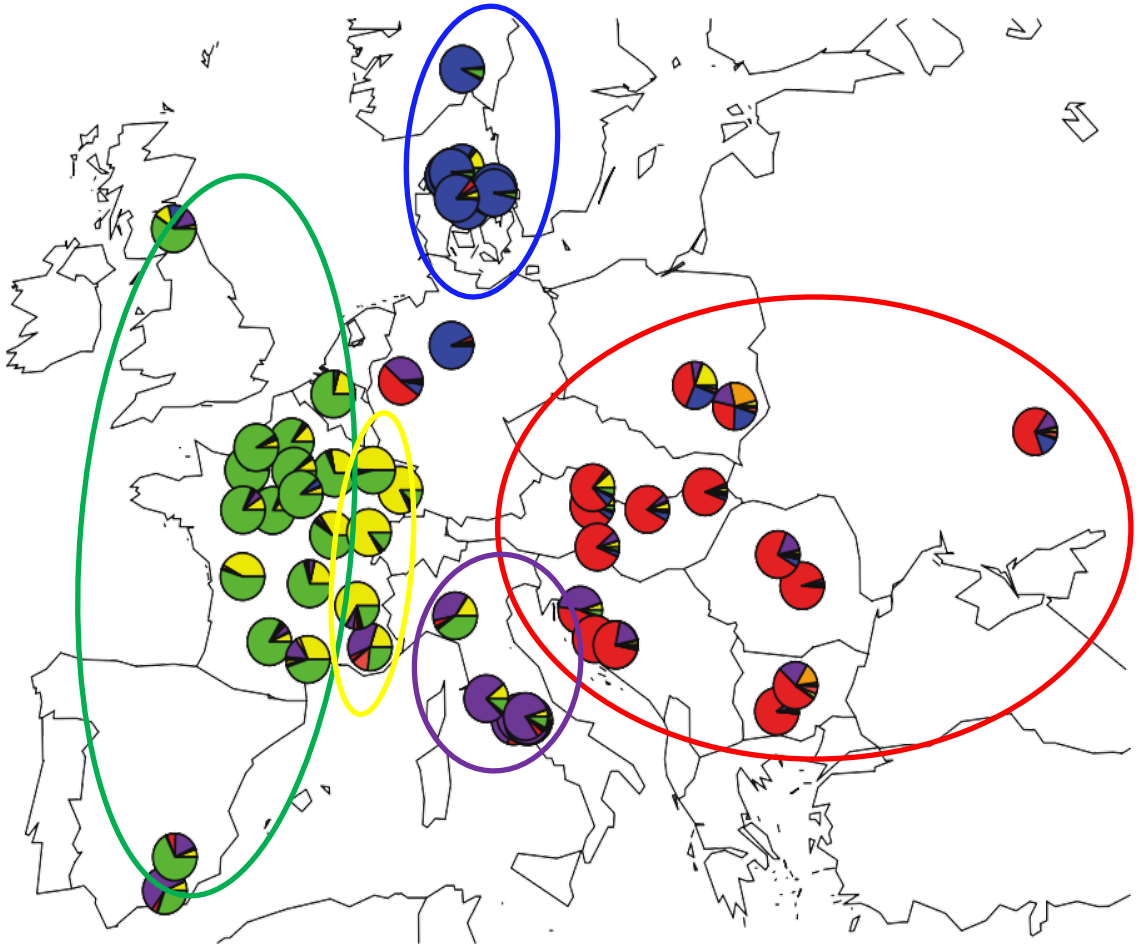
-Hybridations massives avec le pommier cultivé
-Fragmentation de ses habitats
Appauvrissement des ressources génétiques pour l'amélioration variétale
(ex: résistances aux maladies, à la sécheresse)

Mise en place de programmes de conservation

Cinq populations en Europe chez le pommier sauvage européen (*Malus sylvestris*)

Marqueurs génétiques

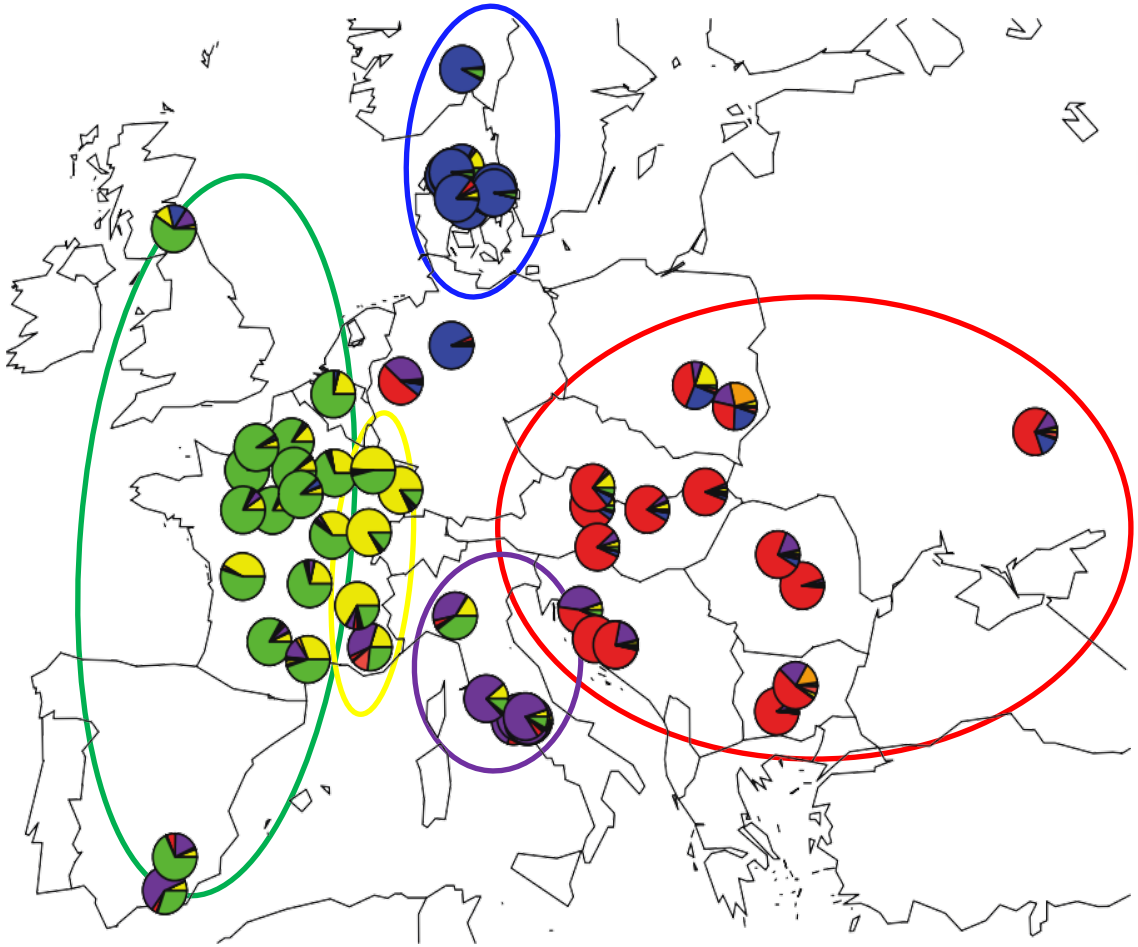
Feuilles échantillonnées avant 2014



Cinq populations chez le pommier sauvage européen (*Malus sylvestris*), **résultant des variations climatiques passées**

Feuilles échantillonnées avant 2014

Marqueurs génétiques



Dernier maximum glaciaire

-20 000 ans

2022

Information importante pour les programmes de conservation

Campagnes d'échantillonnage de pépins en Europe

+ Science participative **Merci!**

Crédits: A. Cornille

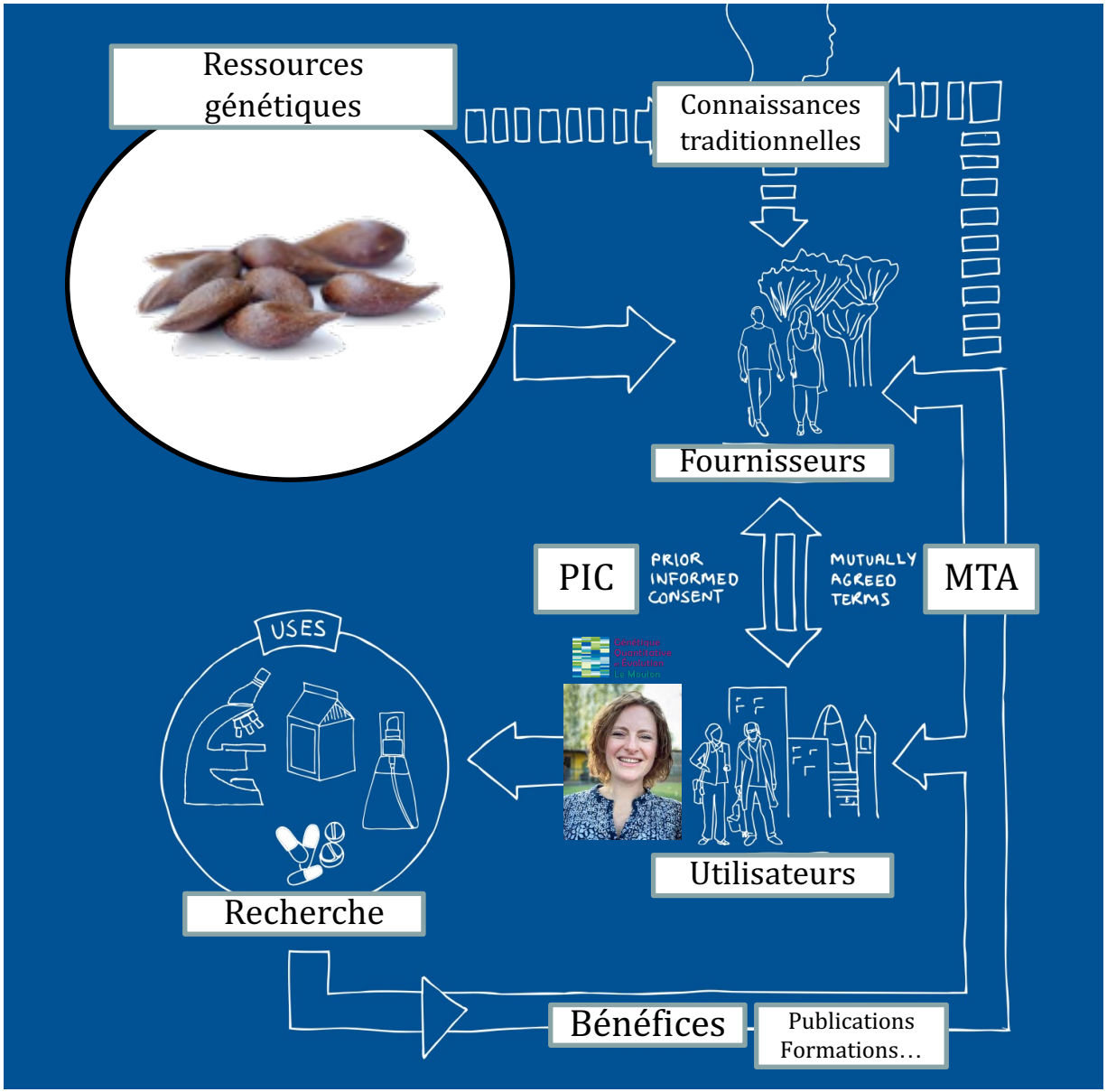
Protocole de Nagoya : meilleure traçabilité

2016

2017

2022

https://www.cbd.int/abs/infokit/revised/web/factsheet-nagoya-en.pdf



COP10/MOP5 AICHI-NAGOYA JAPAN 2010

Fournisseurs

Office National des Forêts

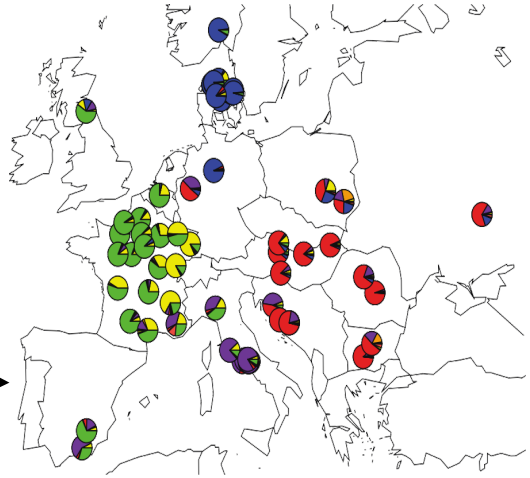
ICB

BOKU

Partenaires

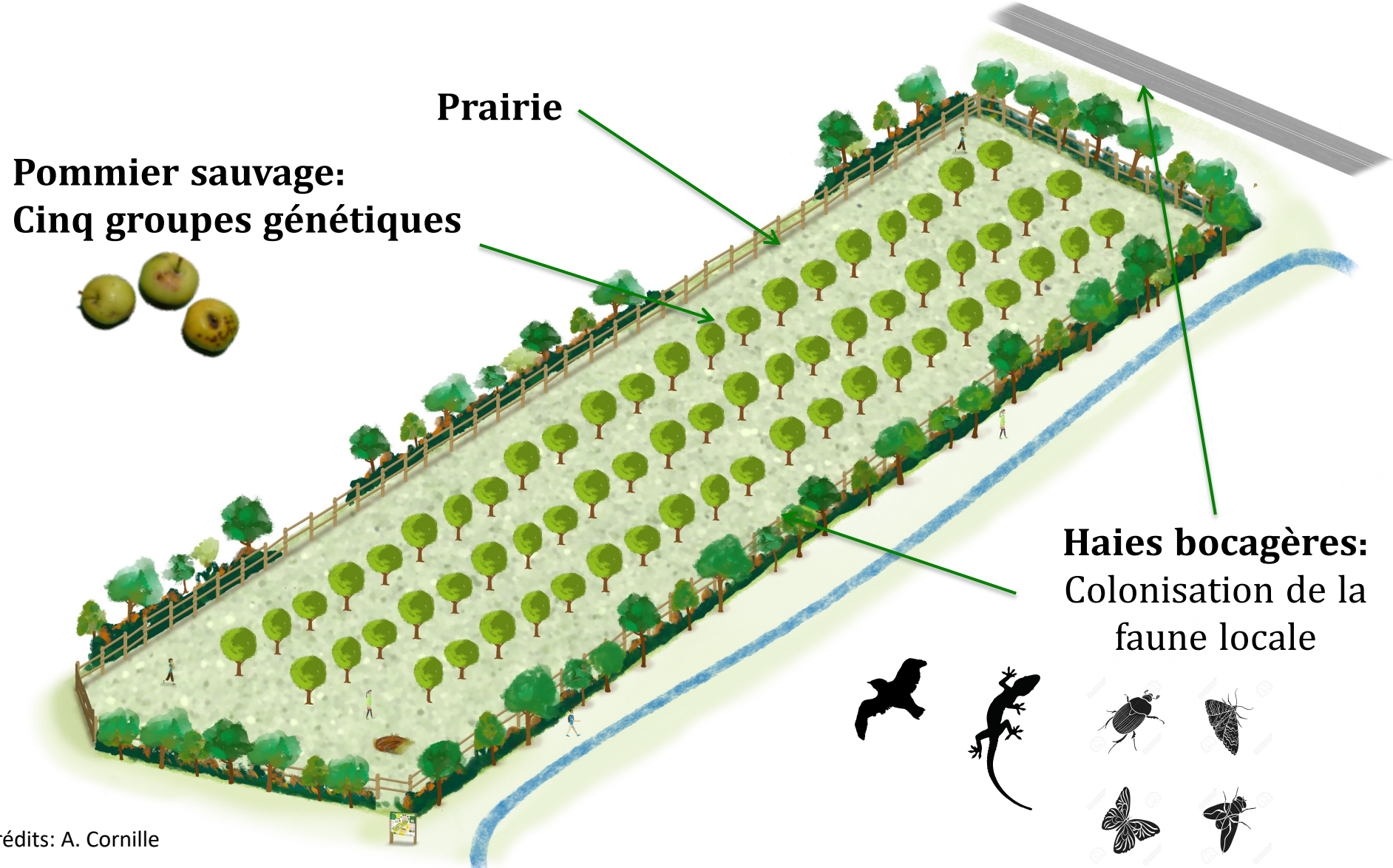
USDA

Verger conservatoire et expérimental de *Malus sylvestris* à l'Université Paris Saclay



Plantation de **400 pommiers sauvages issus** des **cinq groupes génétiques**

Verger conservatoire et expérimental de *Malus sylvestris* à l'Université Paris Saclay



Crédits: A. Cornille

1800 pommiers sauvages: Octobre 2019

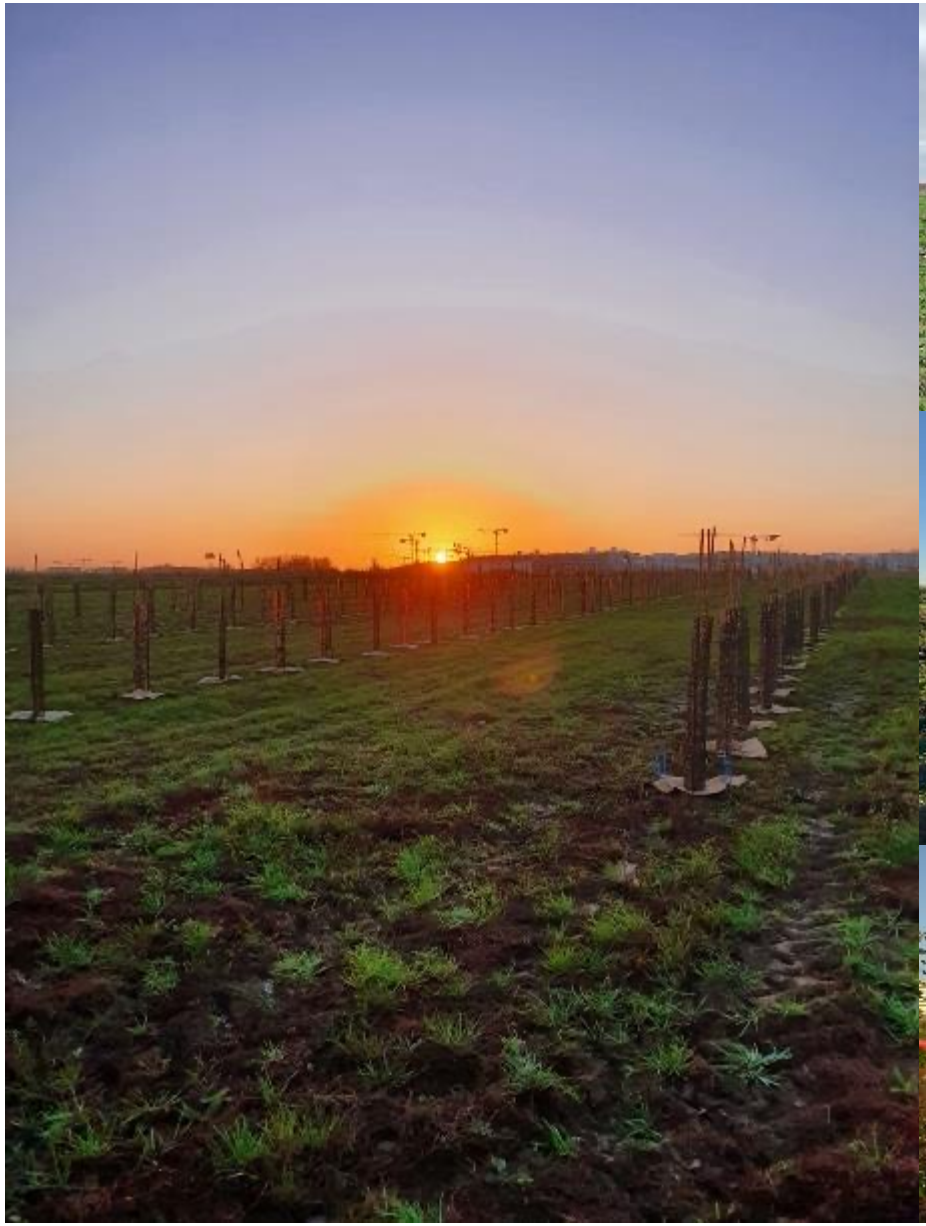
Genotypés à l'aide de marqueurs génétiques

Chen et al. in prep.

1800 pommiers sauvages : Octobre 2020

Nov 2020: Verger planté sur le plateau de Saclay!

@PommierVerger



Fin janvier 2021:
Fosse pédologique pédagogique et clôture posées!

@PommierVerger

Cécile Quantin, GEOPS

Hôtel à insectes installé et la prairie pousse!

@PommierVerger

Fin mai 2021

Crédits: A. Cornille

Premières mesures sur le terrain!

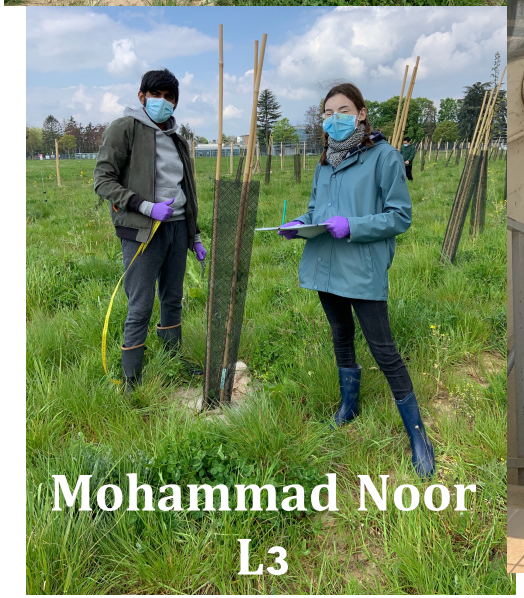
@PommierVerger

-Feuilles pour séquençage des <u>génomes</u>
-Mesures phénotypiques

Merci!

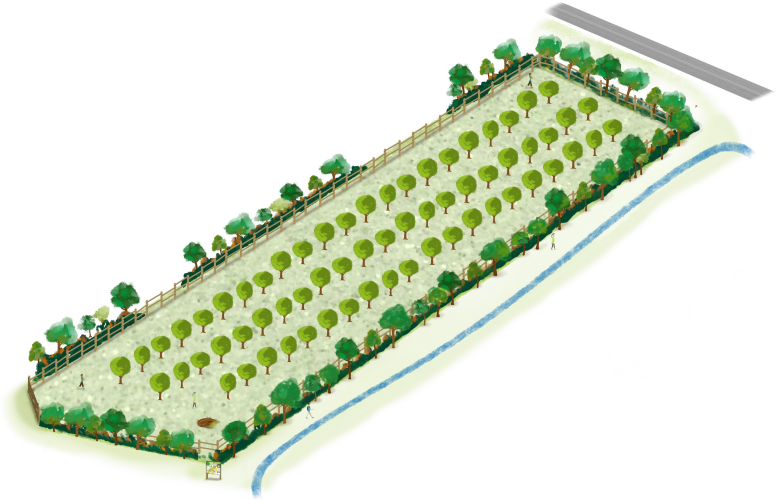
Premières mesures sur le terrain!

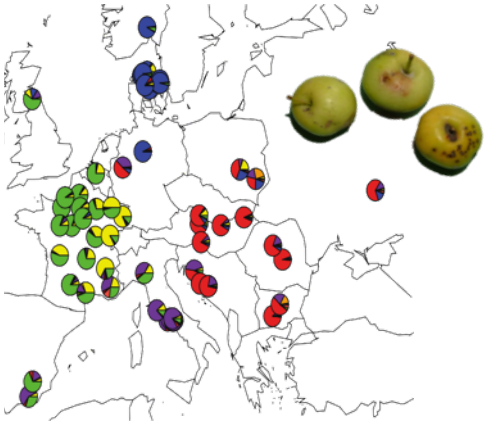
@PommierVerger



Merci!!

Verger conservatoire et expérimental de *Malus sylvestris* à l'Université Paris Saclay

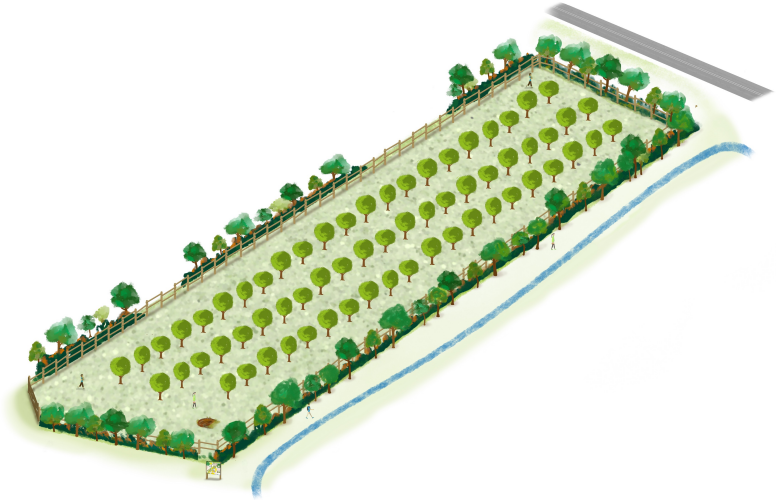


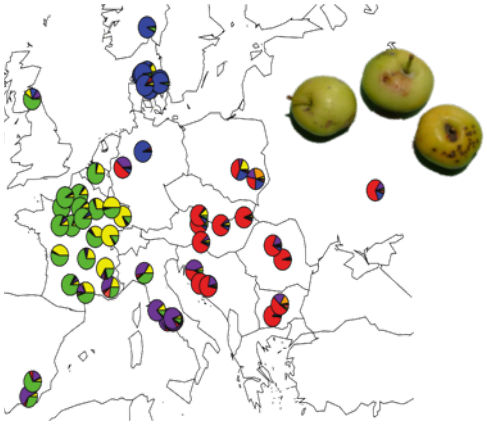


Source *ex-situ* de pépins et greffons

Programmes de conservation (ONF) & d'amélioration variétale (INRAE)

Verger conservatoire et expérimental de *Malus sylvestris* à l'Université Paris Saclay





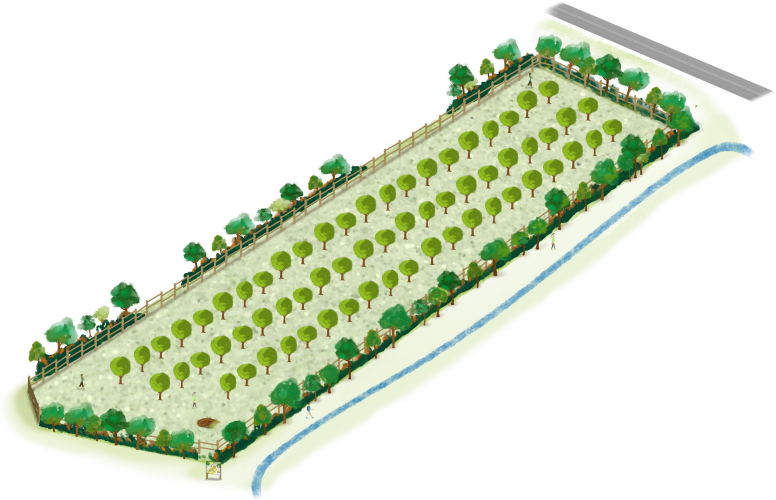
Source *ex-situ* de pépins et greffons

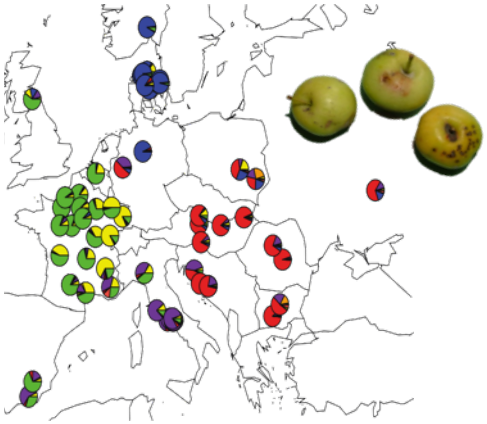
Programmes de conservation (ONF) & d'amélioration variétale (INRAE)

Lieu de formation et de médiation sur le plateau de Paris-Saclay

Lycées agricoles, associations locales, étudiants de l'Univ. Paris Saclay.

Verger conservatoire et expérimental de *Malus sylvestris* à l'Université Paris Saclay





Source *ex-situ* de pépins et greffons

Programmes de conservation (ONF) & d'amélioration variétale (INRAE)

Lieu de formation et de médiation sur le plateau de Paris-Saclay

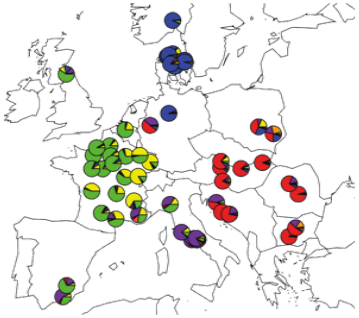
Lycées agricoles, associations locales, étudiants de l'Univ. Paris Saclay.

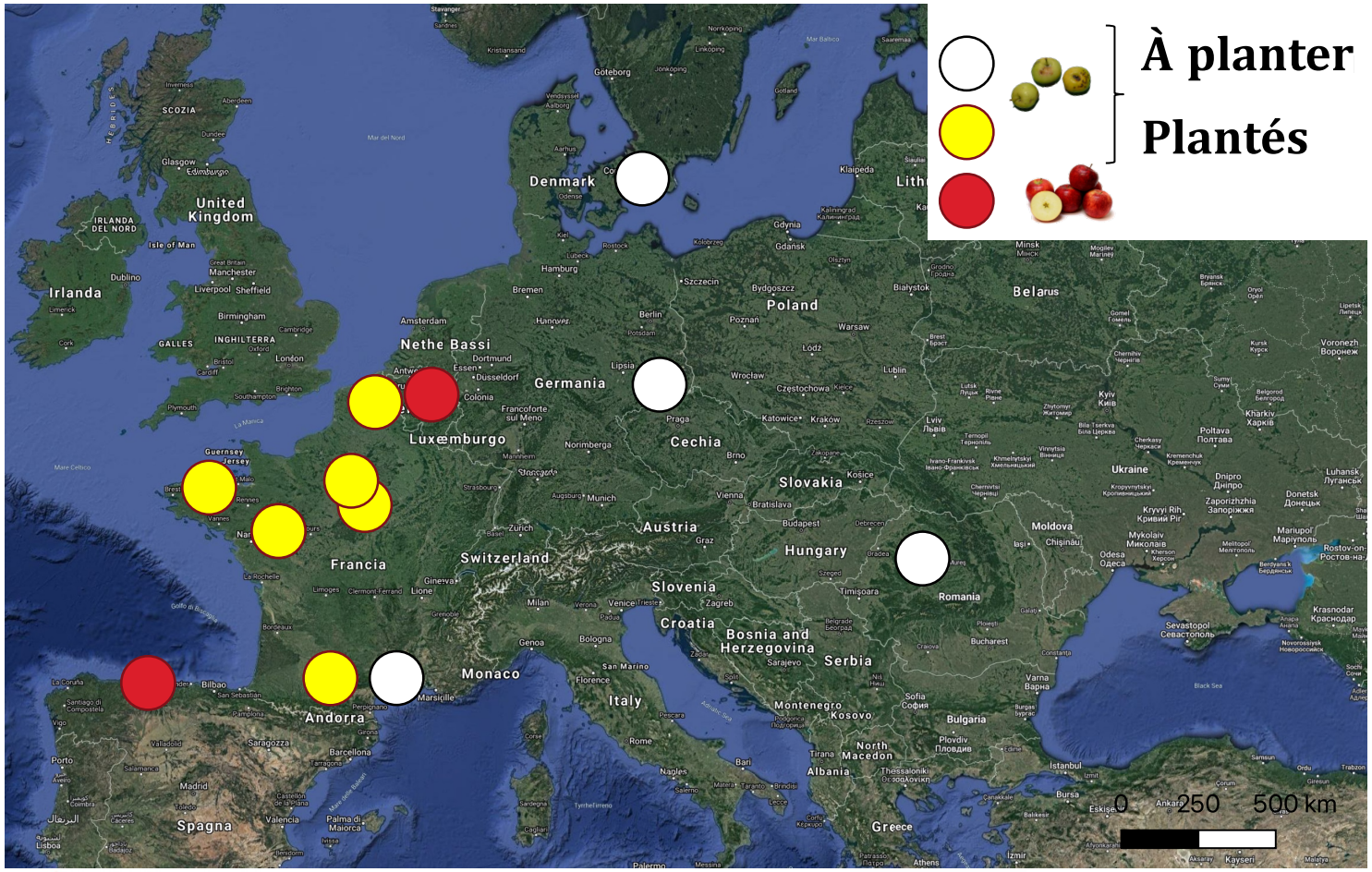
Station de recherche expérimentale (CNRS/INRAE)

Adaptation au changement climatique et aux parasites

Site « pilote » de conservation de la diversité : vers un déploiement en Europe

Replicas en France: comprendre la réponse des fruitiers au changement climatique





Unité Expérimentale HORTIcole INRAE

Guingamp Paimpol Agglomération

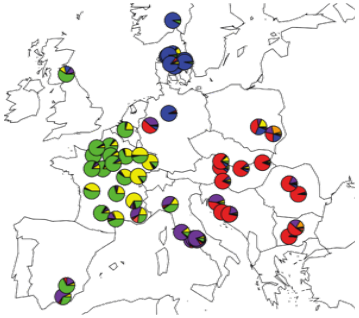
INP Purpan École d'Ingénieurs — Sciences du vivant | Agriculture Agroalimentaire | Marketing | Management

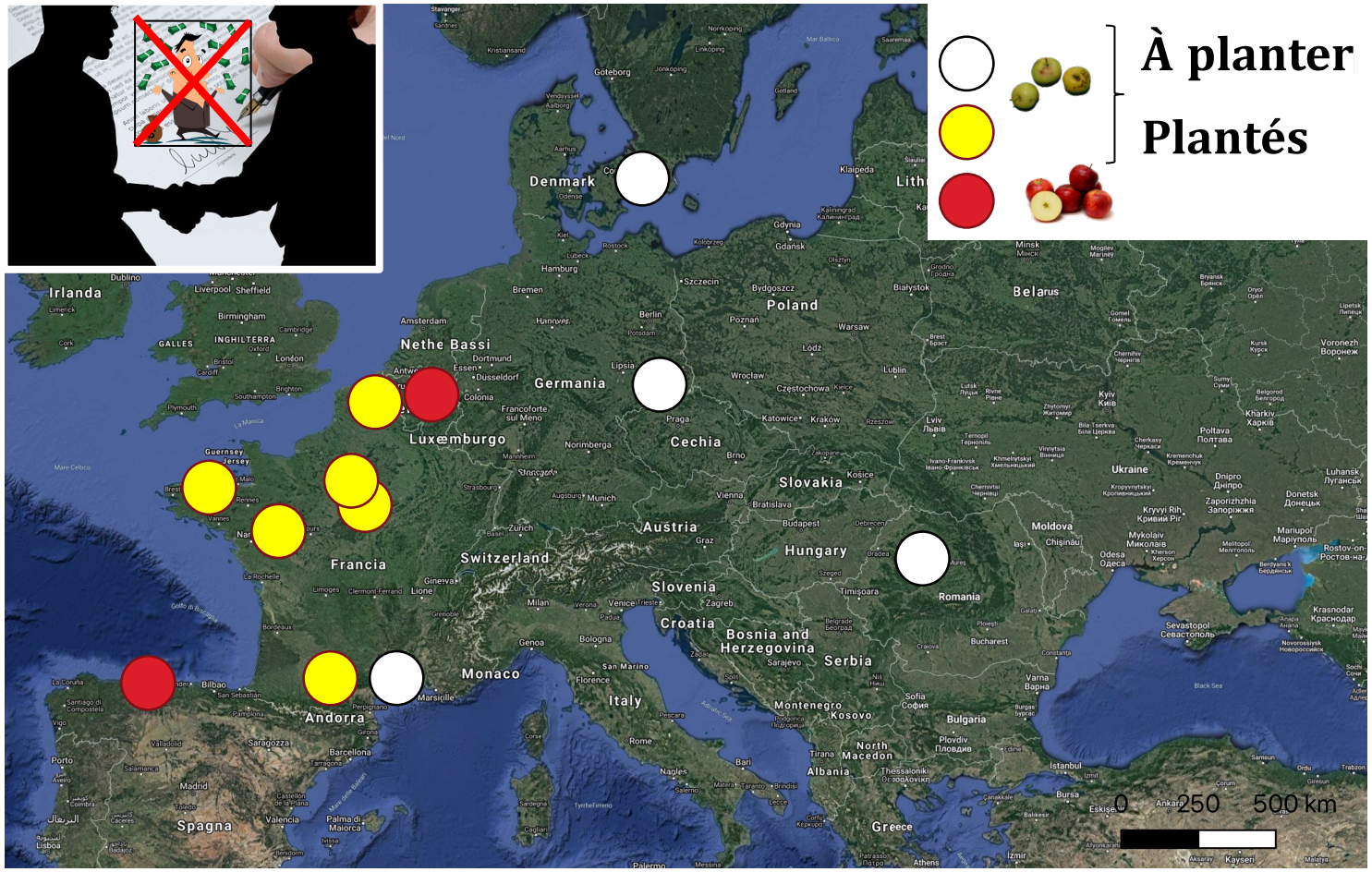
CEREEP - ECOTRON IleDeFrance

SERIDA

ICB

Replicas en France: comprendre la réponse des fruitiers au changement climatique





Unité Expérimentale HORTIcole INRAE

Guingamp Paimpol AGGLOMÉRATION

INP PURPAN ÉCOLE D'INGÉNIEURS Sciences du vivant | Agriculture Agroalimentaire | Marketing | Management

CEREEP - ECOTRON IleDeFrance

SERIDA

ICB

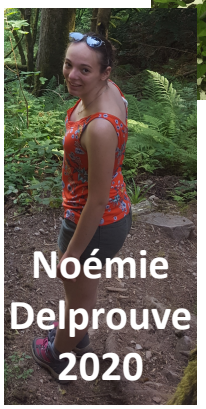
Réponses des pommiers sauvages au climat?

Conditions contrôlées

Génétique Quantitative et Évolution Le Moulon

Ecologie Systématique Evolution

Stéphane Bazot
Univ. Paris Saclay



Master 2

Simulateurs de climats

ECOTRON, Foljuif

Simon Chollet

Beatriz Decencière

Francis Dohou
Florent Massol
Amandine Hansart
Jean-François Le Galliard

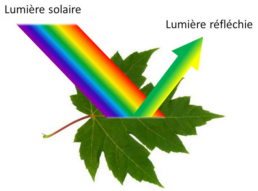
Réponses des pommiers sauvages au climat?
Une approche intégrative

Survie?

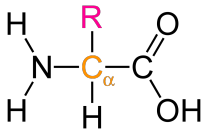
Gènes?

Physiologie

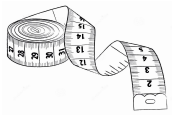
Activité photosynthétique



Réserves Carbone/Azote



- **Morphologie**



- **Performance**

Génomes séquencés

Gènes exprimés?

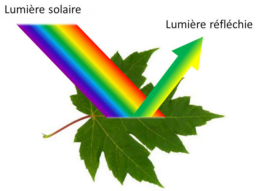
Réponses des pommiers sauvages au climat?
Une approche intégrative

Survie?

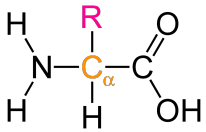
Gènes?

Physiologie

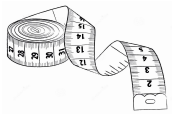
Activité photosynthétique



Réserves Carbone/Azote



- **Morphologie**



- **Performance**

Génomes séquencés

Gènes exprimés?

Digital sequence information **(DSI) "Données digitales de séquences" (à définir) doivent être partagées (à qui et comment? Débat!)**

Cowell 2022, PPP

Vers la compréhension de la réponse des pommiers cultivés et sauvages aux changements globaux?

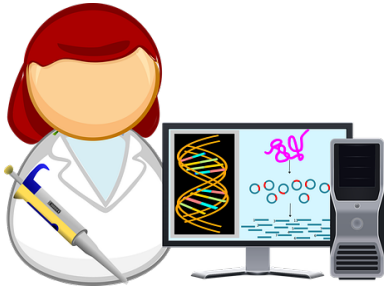
Accès aux ressources génétiques et pratiques traditionnelles

Histoire évolutive du pommier cultivé?

Origine: Asie Centrale, *M. sieversii*

Diffusion: vers Europe, *M. sylvestris, M. orientalis, M. baccata*

COP10/MOP5
AICHI-NAGOYA
JAPAN 2010



Vers la compréhension de la réponse des pommiers cultivés et sauvages aux changements globaux?

Accès aux ressources génétiques et pratiques traditionnelles

Histoire évolutive du pommier cultivé?

Origine: Asie Centrale, *M. sieversii*

Diffusion: vers Europe, *M. sylvestris, M. orientalis, M. baccata*

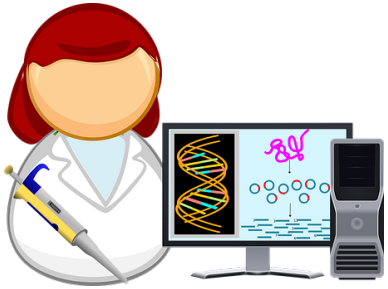
Réponses au changement climatique (et aux attaques de parasites)?

Expériences en **chambre de croissance**

Expériences en **milieux naturels**

Détection de **gènes** associés à l'adaptation

COP10/MOP5
AICHI-NAGOYA
JAPAN 2010



Comment les populations s'adaptent à leur environnement?

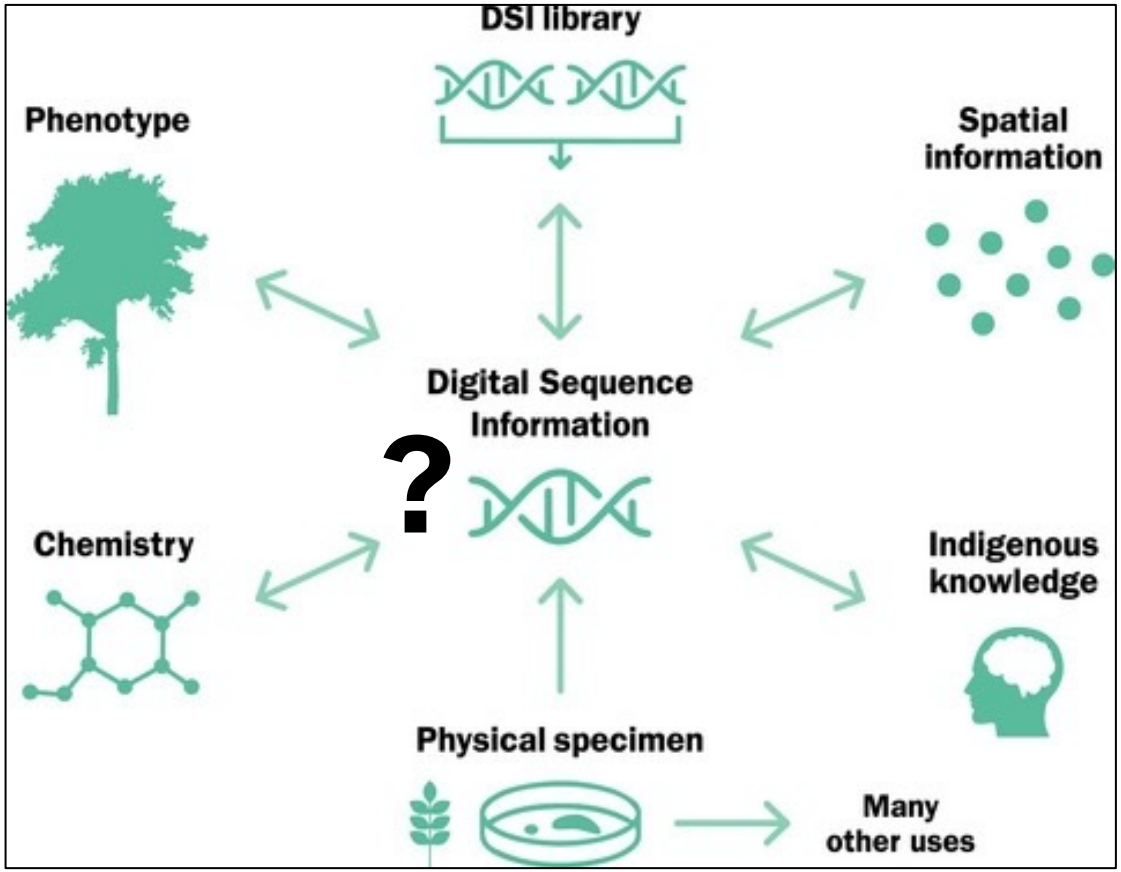
Compréhension de l'origine de la diversité dans les écosystèmes
Compréhension de l'impact de changements globaux sur la biodiversité
Résultats clés pour les programmes d'amélioration variétale

COP10/MOP5
AICHI-NAGOYA
JAPAN 2010

Le protocole de Nagoya

Cadre juridique et traçabilité, bénéfices partagés

Gros débat sur l'accès ouvert (ou non) des <u>données digitales de séquences (DSI)</u> = inclusion ou non dans le protocole de Nagoya



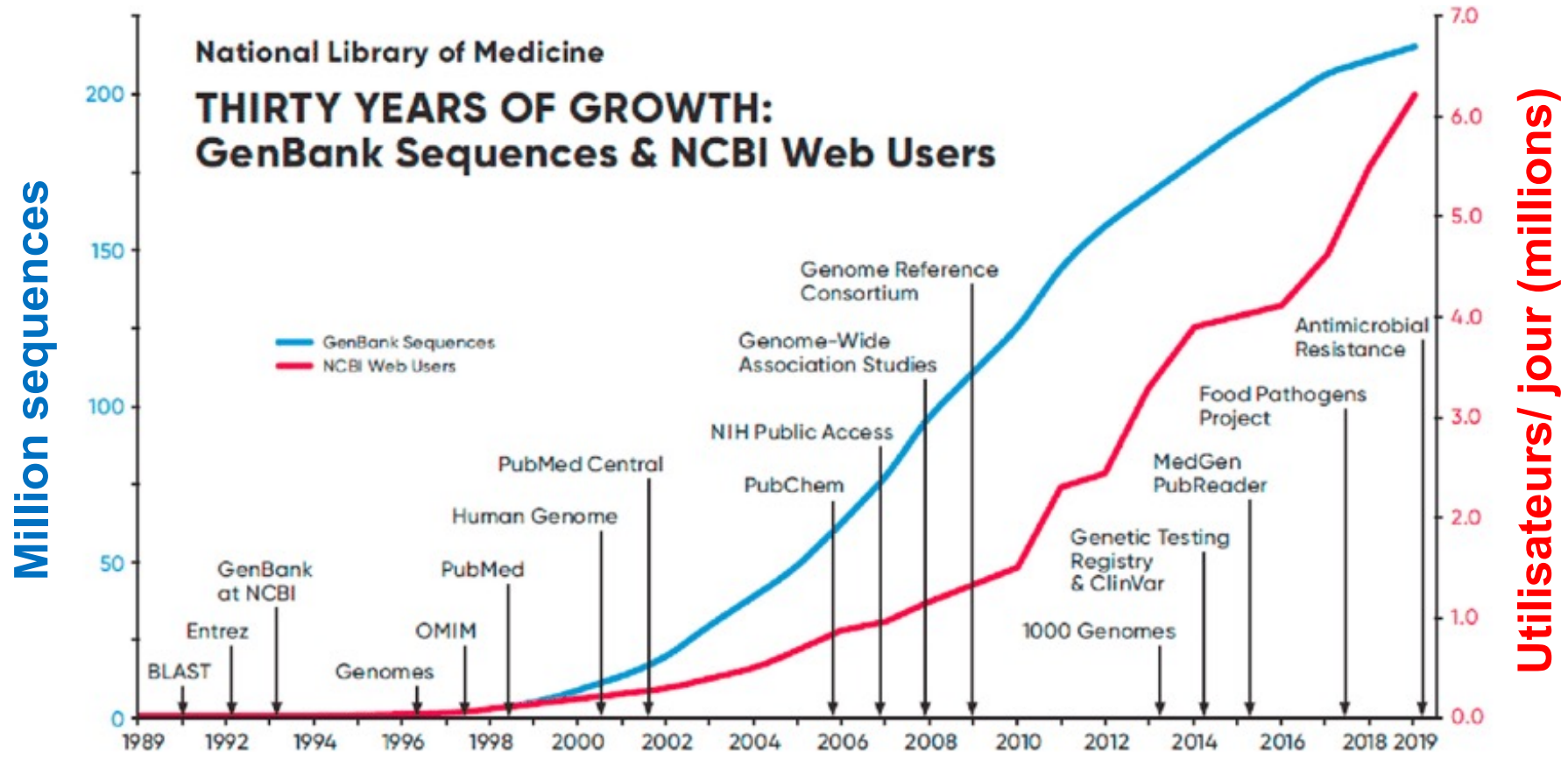
Cowell 2022, PPP

COP10/MOP5
AICHI-NAGOYA
JAPAN 2010

Le protocole de Nagoya

Cadre juridique et traçabilité, bénéfices partagés

Gros débat sur l'accès ouvert (ou non) des <u>données digitales de séquences (DSI)</u> = inclusion ou non dans le protocole de Nagoya



Department of Health and Human Services National Institutes of Health.

Le protocole de Nagoya

Cadre juridique et traçabilité, bénéfices partagés

Gros débat sur l'accès ouvert des <u>données digitales de séquences (DSI)</u> ou inclusion dans le protocole de Nagoya

Négociations internationales
entre états membres de la Convention internationale sur la Diversité Biologique
pour considerer (ou non) les **DSI** dans
le Protocole de Nagoya
et de l'APA (partage des avantages)

COMMENT

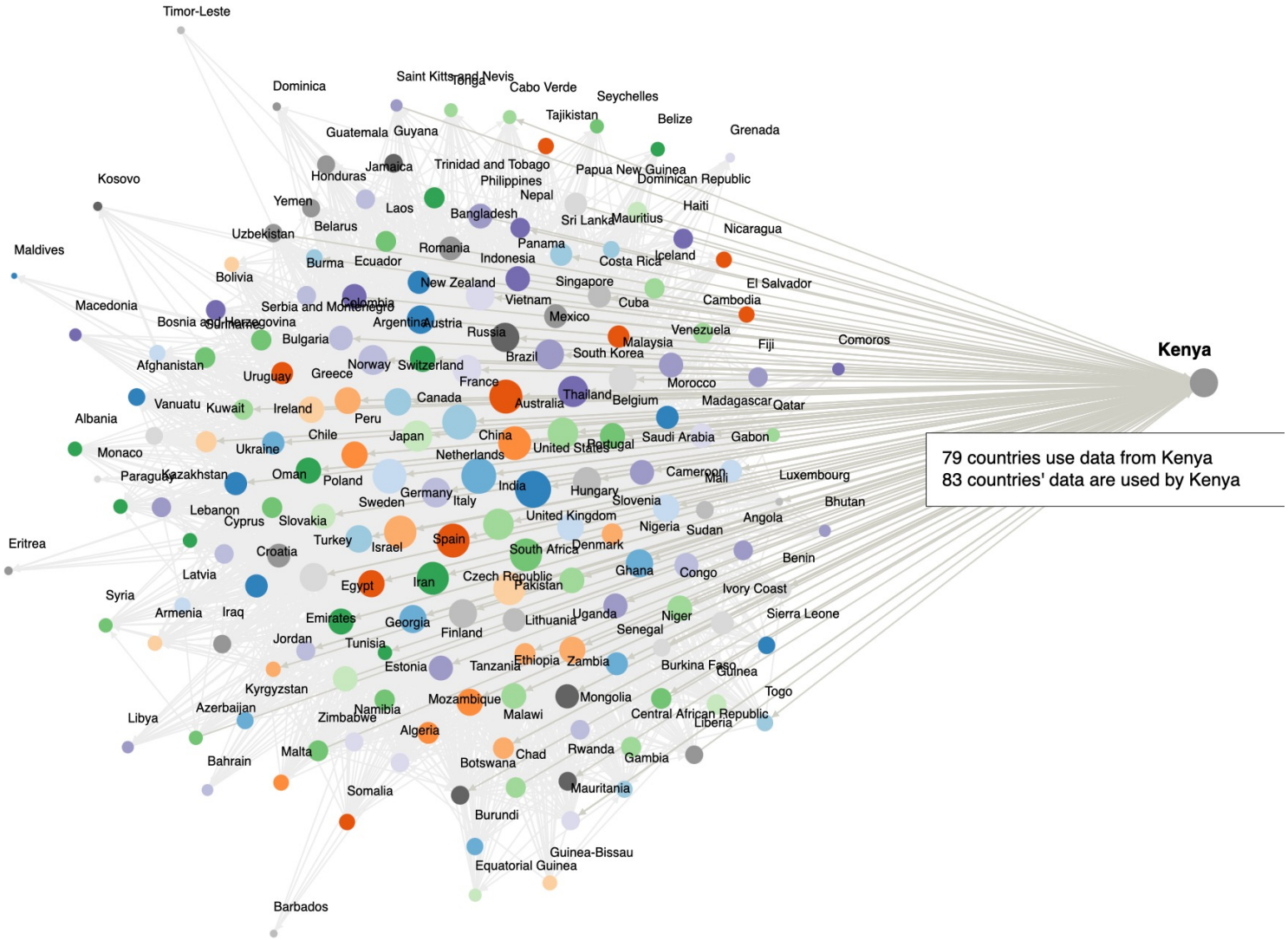
https://doi.org/10.1038/s41467-022-28594-0 OPEN

Multilateral benefit-sharing from digital sequence information will support both science and biodiversity conservation

Amber Hartman Scholz[1✉], Jens Freitag[2], Christopher H. C. Lyal[3], Rodrigo Sara[1,4], Martha Lucia Cepeda[5], Ibon Cancio[6], Scarlett Sett[1], Andrew Lee Hufton[1], Yemisrach Abebaw[7], Kailash Bansal[8], Halima Benbouza[9], Hamadi Iddi Boga[10], Sylvain Brisse[11], Michael W. Bruford[12], Hayley Clissold[13], Guy Cochrane[14], Jonathan A. Coddington[15], Anne-Caroline Deletoille[11], Felipe García-Cardona[16], Michelle Hamer[17], Raquel Hurtado-Ortiz[11], Douglas W. Miano[18], David Nicholson[13], Guilherme Oliveira[19], Carlos Ospina Bravo[20], Fabian Rohden[21], Ole Seberg[22], Gernot Segelbacher[23], Yogesh Shouche[24], Alejandra Sierra[25], Ilene Karsch-Mizrachi[26], Jessica da Silva[17,27], Desiree M. Hautea[28], Manuela da Silva[29], Mutsuaki Suzuki[30], Kassahun Tesfaye[7,31], Christian Keambou Tiambo[32], Krystal A. Tolley[17,27], Rajeev Varshney[33], María Mercedes Zambrano[34] & Jörg Overmann[1,35]

Conserver les DSI en bien commun, et découpler leurs accès aux bénéfices

Accès multilatéral des données digitales de séquences (DSI)!



Découpler l'accès aux bénéfices… https://www.dsiscientificnetwork.org

Débat en cours!

https://www.dsiscientificnetwork.org

SYNERGIE entre acteurs locaux, régionaux, et nationaux pour CONSERVATION BIODIVERSITE et des pommiers sauvages

université PARIS-SACLAY
FACULTÉ DES SCIENCES D'ORSAY
INRAE
cnrs
AgroParisTech
INSTITUT DES SCIENCES ET INDUSTRIES DU VIVANT ET DE L'ENVIRONNEMENT
PARIS INSTITUTE OF TECHNOLOGY FOR LIFE, FOOD AND ENVIRONMENTAL SCIENCES

Agence des Espaces Verts
île de France
LabEx BASC
Biodiversité, Agroécosystèmes, Société, Climat
DANONE NUTRICIA RESEARCH
Boutique.com
IDEEV
Interreg
France-Wallonie-Vlaanderen
PROVERBIO

PARIS-SACLAY
PRO-INSERT
Office National des Forêts
PARIS SACLAY
Communauté d'agglomération

Unité Expérimentale HORTIcole
INRAE
LPO
ATIP avenir
AGROFORESTERIE association francaise
ON PASSE À L'ACTE

L'EA Les écoles des éco-activités
TECOMAH
BOKU
INVESTISSEMENTS D'AVENIR
USDA
ICB Clay Nature

FRB FONDATION POUR LA RECHERCHE SUR LA BIODIVERSITÉ
engie Entreprises et collectivités
université PARIS-SACLAY LA DIAGONALE
s[cube] partageons les sciences

Groupe d'Action Locale PLATEAU DE SACLAY Porté par Terre&Cité
Terre&Cité PAYS DE SACLAY
île de France
l'Europe s'engage en Ile-de-France avec le FEADER
UNION EUROPÉENNE
LEADER

Merci de votre attention et merci à toutes et à tous!

Christine Dillmann
Dominique de Vienne
Adrienne Ressayre
Elodie Marchadier

Maud Tenaillon

Clémentine Vitte

Le Moulon GÉNÉTIQUE QUANTITATIVE ET ÉVOLUTION

Benoit Johannet

Pierre Capy
Jacqui Shykoff

Martine Le Guilloux

Karine Alix

Agnès Rousselet

Johann Joets

Maud Fagny

Matthieu Falque

Anthony Venon

Harry Belcram

Fabrice Dumas

Carine Remoué

Aurélie Bourgais

INRA CNRGV CENTRE NATIONAL DE RESSOURCES GÉNOMIQUES VÉGÉTALES

William Marande

Didier Tropée

Adrien Falce

Olivier Langella

Pierre Gérard

Catherine Damerval

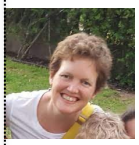
CEREEP Centre de Recherche en Écologie Expérimentale et Prédictive

Simon Chollet

Florent Massol

Francis Dohou

Amandine Hansart



Beatriz Decencière

Jean-François Le Galliard

IEES PARIS

Camille Meslin

Emmanuelle Jacquin-Joly

Jean-Christophe Simon

Inria

INRAE

Dominique Lavenier

Fabrice Legeai

Claire Mottet

Benoit Barrès

anses Connaître, évaluer, protéger

Amandine Dubois
Alain
Lionel Saunois
Julien Lonviro

Gaelle Vincent
Stéphane Bazot

Tatiana Giraud
Jane Lecomte

Ecologie Systématique Evolution

Sophie Nadot

AND ALL PEOPLE WHO HELP IN THE PROJECTS! Please see as well the video

Merci à l'équipe ECLECTIC!

ECoLogie et gEnomique des interaCTions multi-espèCes

Rémi Séraphin, Jorge Sandoval, Alexis Trang, Amandine Hansart