

Chapitre II : Méthodes d'évaluation et de mesure de la diversité génétique

I- Contrôle du flux de gènes et ressources génétiques

1- Les ressources génétiques

Pour créer une bonne variété, il ne suffit pas d'avoir de bons, il faut aussi disposer d'une variabilité génétique importante. Les ressources génétiques sont en fait le matériau de base de la création variétale. Avec le développement des variétés monogénotypiques, la variabilité génétique n'étant plus dans le champ de l'agriculture, les sélectionneurs, dès les premiers balbutiements de l'amélioration des plantes « dirigée », ont été les premiers à prendre conscience de leur importance en les collectant, les caractérisant et les conservant, mettant ainsi très tôt en place, dès le XVIII^e siècle, une gestion des ressources génétiques utilisables en sélection. Beaucoup plus tard, fin du XIX^e et début du XX^e siècle, face au risque de diminution de la variabilité génétiques, des organismes nationaux (USDA aux États-Unis, Institut Vavilov en Russie...) et internationaux (Irri pour le riz aux Philippines, CIMMYT au Mexique pour le blé et le maïs) de gestion des ressources génétiques se sont développés.

Les ressources génétiques à la disposition du sélectionneur sont d'abord les populations des espèces domestiquées, maintenues par l'homme depuis très longtemps, mais aussi les espèces sauvages apparentées. L'apparentement d'espèces peut se mesurer par la facilité avec laquelle elles peuvent échanger naturellement des gènes. Ainsi, Harlan et de Wet (1971) ont proposé de regrouper les espèces en pools géniques selon les possibilités d'échanges de gènes : le pool primaire où les échanges de gènes sont naturellement faciles,

le pool secondaire où les échanges sont possibles mais ne font pas naturellement (les espèces ne partageant pas la même aire de distribution) et le pool tertiaire où il faut l'intervention du génie génétique telle que la fusion de protoplastes ou le doublement du stock chromosomique. De même, Pernés (1984) a introduit le concept de complexe d'espèces pour l'ensemble des espèces qui peuvent échanger des gènes par hybridation naturelle avec une probabilité non nulle, soit directement, soit par le relais de plantes intermédiaires. Ainsi, le blé dur (*Triticum durum*) et *Aegilops speltoides* appartiennent au même complexe d'espèces bien que l'hybride naturel soit peu fréquent, peu fertile ; l'échange de gènes est rare et difficile, mais il est possible. À l'intérieur d'un complexe d'espèces, les échanges de gènes peuvent toutefois être plus ou moins faciles. En regroupant dans un même sous-ensemble, les espèces d'un complexe qui échangent facilement des gènes on structure le complexe d'espèces en compartiment. À cause de barrières reproductives.

échanges entre compartiments sont plus difficiles qu'à l'intérieur d'un compartiment. Ainsi, il y a une continuité entre la facilité des échanges de gènes entre plantes d'une même espèce et l'impossibilité d'échanges entre plantes d'espèces très éloignées. Cela montre la relativité de la notion d'espèces : le systématicien a introduit une discontinuité là où il y a une continuité.

2- Analyse de la diversité génétique

Le réservoir génétique global pour une espèce est l'ensemble de toute la diversité génétique susceptible d'être exploitée pour l'amélioration de cette espèce (Figure)

2.1- Ressources génétiques primaires

On y distingue cinq ensembles :

-**les cultivars modernes** dont la variabilité génétique est souvent restreinte, car ils ont généralement subi une forte épuration génétique pour obtenir un comportement stable répondant aux exigences d'une agriculture moderne.

-**les cultivars anciens** qui sont généralement très diversifiés. Ils résultent de sélections empiriques locales (*land races*) et constituent la part la plus importante de la variabilité génétique directement utilisable pour la sélection.

Il est souvent possible de les classer en cultigrupes caractérisés par des associations particulières de caractères.

-**les cultivars primitifs** qui, s'ils sont en voie de disparition, existent encore dans certaines régions relativement isolées où le système d'agriculture de subsistance a peu évolué au cours des siècles. Ils représentent un matériel précieux pour leur richesse génétique, principalement pour leurs caractères de rusticité. Leur diversité est d'autant plus importante qu'ils proviennent des régions proches des centres de domestication, pour autant que ceux-ci aient été préservés.

-**les sauva geoïdes ou formes subspontanées** ("weedy types") sont des formes régressive, échappées des cultures ou résultant d'hybridations entre types sauvages et cultivars : elles présentent l'aspect général des formes sauvages avec cependant quelques caractères propres aux races cultivées. Ces sauva geoïdes seront surtout nombreux et variables dans les centres de domestication.

-**les formes sauvages de l'espèce** présentent un potentiel de diversité intact et une expression maximum des dominances génétiques. Rappelons en effet que parmi les modifications apportées par l'homme au cours de la domestication, un grand nombre est déterminé par des gènes récessifs.

2.2- Formes et espèces apparentées

La notion de l'espèce, nous l'avons déjà dit, est liée à celle de l'isolement génétique. Chez certains groupes végétaux, les espèces peuvent être isolées par des barrières d'incompatibilité très efficaces. Chez d'autres, une perméabilité génétique entre espèces peut exister avec cependant une limitation suffisante pour permettre un certain isolement dans le milieu naturel.

Si, d'une manière générale, la perméabilité génétique est inversement proportionnelle à l'éloignement phylétique, cette relation est cependant loin d'être absolue.

2.3- Ressources génétiques secondaires

C'est l'ensemble des espèces ou sous-espèces qui présente avec les formes cultivées des méthodes d'amélioration appropriées qui dépendront de la nature des mécanismes d'incompatibilité. Pour que ceux-ci puissent être vaincus sans trop de difficultés, il faut évidemment que les espèces ne soient pas trop éloignées phylétiquement. En principe, il faut qu'une homologie structurelle des chromosomes complète ou quasi complète ait subsisté entre les espèces à croiser.

Les barrières d'incompatibilité peuvent se traduire de différentes manières :

difficulté dans la réalisation de l'hybride,

-production d'une F_1 peu fertile,

-déséquilibre génétique en F_1 ,

-retour trop rapide à un des type parentaux au cours des générations ultérieures.

Les deux derniers phénomènes sont très fréquents dans les descendance de croisements entre espèces très voisines. Plusieurs hypothèses ont été émises pour les expliquer :

-l'équilibre génétique et le rôle du complexe des gènes modification,

-la différenciation structurelle cryptique des chromosomes,

-la théorie des "linkats".

La dernière hypothèse explique assez bien la cohésion des caractères d'une espèce dans les descendance des hybrides interspécifiques.

Le réservoir génétique secondaire est généralement utilisé dans des programmes à moyen terme dans lesquels on tente d'introduire, dans le matériel cultivé, un seul ou un nombre limité de caractères venant d'une espèce donneuse. IL s'agit ici d'amélioration par introgression.

Des méthodes d'amélioration spéciales existent en vue de favoriser au maximum les échanges hétérogénétiques et de briser les associations individuelles de caractères (méthodes cumulatives). Cette amélioration par introgression à partir d'hybrides interspécifiques est généralement utilisée lorsque les caractères recherchés sont non ou insuffisamment représentés dans la diversité au sein de l'espèce à améliorer (réservoir génétique primaire).

2.4- Ressources génétique tertiaires

Ce sont des ressources phylétiquement plus éloignées qui présentent d'importantes différenciations structurales dans leurs chromosomes par rapport à l'espèce cultivée à améliorer. Les incompatibilités se traduisent souvent par de plus grandes difficultés à obtenir l'hybride et par une stérilité totale ou quasi-totale des hybrides F₁.

Une restauration de la fertilité peut, dans quelques cas, être obtenue par des croisements de retour à un des parents ou, si l'hétérologie structurelle est importante, par le doublement du nombre chromosomique.

L'exploitation d'espèces diploïdes sauvage se réalise généralement avec plus de facilité lorsque l'espèce receveuse est un amphidiploïde. Il s'agira néanmoins toujours de programmes à long terme impliquant des méthodes susceptibles d'intensifier les échanges hétérogénétiques.

En vue de pouvoir utiliser des espèces jusqu'à présent totalement incompatibles avec le matériel cultivé, diverses nouvelles techniques sont actuellement expérimentées telles que la fusion de protoplastes, l'utilisation d'immunosuppresseurs, le génie génétique, etc.

2.5- Ressources génétiques quaternaires

Elles appartiennent à l'ensemble du monde vivant. Si des échanges génétiques entre PG-1 et PG-4 sont impossibles par des moyens sexuels, un transfert de gène horizontal (H.G.T.) permet aujourd'hui l'échange d'informations génétiques à partir de tous les organismes vivants. Ce mécanisme de transfert horizontal de gène est très comparable à la biotransformation : le transfert d'ADN par des moyens non sexuels, dans de nombreux cas se réalisant aujourd'hui par l'intermédiaire de la bactérie *Agrobacterium tumefaciens*.

On peut conclure en mentionnant que la diversité génétique globale chez la plupart des espèces cultivées est immense et couvre largement les besoins de l'amélioration. Si cette diversité naturelle est aujourd'hui menacée, il faut tout d'abord la préserver et ensuite, si nécessaire, utiliser d'autres mécanismes

récemment mis en évidence tels que la méthylation du DNA et le transfert horizontal de gènes.

10- Centre d'origine et de diversification

10.1- Généralités

Comme nous l'avons mentionné plus haut, l'amélioration des plantes est une activité aussi ancienne que l'agriculture. Dès que l'homme a abandonné la cueillette, dès qu'il a cultivé les espèces qui lui étaient nécessaires, il a tenté de les adapter à ses besoins.

Dans une deuxième phase, l'homme ne se contente plus de ramasser ou de cueillir des produits naturels comestibles, il va les cultiver. Ce processus a été initié, il y a environ 9 000 ans, ce qui représente seulement 0,5 % des deux millions d'années dans l'évolution des hommes.

Il est à peu près certain que la domestication des s'est faite indépendamment dans l'espèce et dans le temps, que ce soit au Proche-Orient dans le nord de la Chine, dans le Sud-Ouest asiatique, en Afrique avec l'Égypte, l'Éthiopie et l'ouest du continent, en Amérique intertropicale (Amérique centrale et andine).

10.2- Les travaux de VAVILOV

Au cours de la domestication, l'évolution des plantes cultivées a donné naissance à une très grande diversité génétique. Dans son ouvrage célèbre "*Origine des plantes cultivées*" paru en 1883, Alphonse DE CANDOLLE, un botaniste et phytogéographe suisse (1806-1893), s'est basé sur de nombreuses données botaniques, archéologiques, linguistiques et historiques pour tenter de déterminer l'emplacement de l'origine des plantes cultivées. A. DE CANDOLLE peut être considéré comme le précurseur d'une science, la biogéographie, qui trouva son essor avec les travaux du fameux botaniste et agronome russe Nikolay Ivanovitch VAVILOV (1887-1943). VAVILOV a entrepris de nombreuses explorations dans le monde afin de mieux connaître la variabilité génétique totale présente non seulement chez les plantes cultivées, mais aussi chez les espèces sauvages proches. Il collecta aussi de nombreuses informations sur le climat des régions explorées, sur les systèmes de culture, sur l'utilisation des plantes par les populations locales,.....

En réunissant les informations acquises au cours de ses prospections, il constata que la diversité des formes cultivées pour chaque espèce et le nombre des espèces cultivées n'étaient pas distribués uniformément dans le monde. Certaines zones, assez bien localisées géographiquement, se distinguaient par leur très grande richesse. Ces centres de diversité correspondaient, selon lui, à des centres d'origine, non seulement des espèces cultivées, mais de l'agriculture elle-même. Le centre de

diversité est le résultat d'une observation tandis que le centre d'origine est le résultat d'une interprétation. Cette dernière a été fort contestée par la suite.

La diversité d'un centre offre plusieurs caractéristiques qui ont, en fait, permis de le localiser :

- Hétérogénéité du milieu (diversité des paysages, multiplicité des cycles culturaux, diversité des parasites),
- Multiplicité d'espèces voisines de l'espèce cultivée,
- Présence d'hybrides interspécifiques (introgression),
- Diversité des variétés cultivées (polymorphisme intraspécifique et intrapopulation élevé),
- Fréquence élevée de caractères à allèles dominants (indication d'un taux moyen d'hétérozygotie élevé).

Quelles sont les principales conclusions de VAVILOV au sujet de l'origine des plantes cultivées ?

Il existe dans le monde huit centres d'origine des plantes cultivées (avec trois sous-centres). Indépendants les uns des autres. Ces centres sont également des foyers du développement de l'agriculture. ^

Comme ces centres d'origine sont indépendants, les populations y ont conservé leurs coutumes alimentaires et leur outillage particulier (par exemple, la charrue en Afrique blanche et en Asie, la houe en Afrique noire et en Amérique). Ces centres occupent une zone peu étendue : les centres de l'Amérique centrale, de l'Amérique du Sud et de l'Éthiopie couvrent un territoire très limité, même s'ils sont remarquables par la richesse des plantes et des animaux endémiques.

Les centres d'origine se limitent aux régions montagneuses tropicales et subtropicales des deux hémisphères, situées entre 20° et 45° de latitude. Par exemple, les centres d'origine du Nouveau Monde se confinent à la cordillère des Andes et à la partie méridionale des Montagnes Rocheuses. Les centres d'origine de l'Ancien Monde sont situés dans l'Himalaya, dans l'Hindou Kouch, sur les monts du plateau de Pamir, dans les montagnes de la Chine, de l'Asie Mineure, de la Méditerranée et de l'Afrique orientale. Pour VAVILOV les zones montagneuses sont particulièrement propices au développement des plantes herbacées auxquelles appartient la majorité des plantes utilisées par l'homme pour ses besoins immédiats. Les hommes préhistoriques avaient aussi l'habitude de vivre en petits groupes isolés pratiquant une agriculture pseudo-nomade. Les montagnes étaient favorables à ce mode de vie. La conquête de vastes bassins tels ceux du Nil, de l'Euphrate, du Tigre et de l'Indus, n'a pu être réalisée que plus tard par des populations réunies en communautés plus importantes.

Enfin, d'après VAVILOV l'ensemble des centres de diversité et des centres d'origine agricole est groupé dans une étroite bande de terre ceinturant le globe au niveau des deux tropiques pour deux raisons principales. La première est que le

maximum de diversité de la flore terrestre grave, lui-même, autour des deux tropiques. Le Mexique et l'Amérique centrale renferment plus d'espèces endémiques que les Etats-Unis, le Canada et l'Alaska réunis. Les petites républiques du Costa Rica et du Salvador renferment autant d'espèces spontanées que les Etats-Unis, pourtant cent fois plus étendus. La deuxième raison est que l'homme primitif ne pouvait s'installer sur l'emplacement des glaciers du quaternaire ni dans les régions chaudes et humides, impropres au peuplement. Il a donc cherché gîte et nourriture sur les lisières saines des forêts tropicales et subtropicales.

10.3- Les centres d'origine de VAVILOV

Parmi les huit centres reconnus par VAVILOV, six sont situés dans l'Ancien Monde (numérotés de 1 à 6 sur la figure 3.1) et deux dans le Nouveau Monde. Ils sont caractérisés par le climat de type C suivant la classification de Koppen (climat humide mésotherme, la température moyenne du mois le plus froid est inférieure à 18 °C, mais supérieure à -3°C).

La composition en espèces cultivées de chaque centre tel que défini par VAVILOV n'est pas toujours identique d'un auteur à l'autre. Nous reprenons ici les principales plantes cultivées qui caractérisent chacun des centres et nous verrons, par la suite, les critiques émises par d'autres chercheurs et les modifications que nous pouvons apporter à la répartition des plantes dans le monde.

. La Chine (1)

Le centre est localisé dans les régions montagneuses de la Chine méridionale et est caractérisé par sa richesse en plantes à racines charnues, en plantes à tubercules, en espèces aquatiques (*Ipomoea aquatica* FORSSK.). On y trouve aussi une abondance d'arbres fruitiers :

- Citrus sinensis* (L) OSBECK, l'oranger doux
- Malus communis* POIRET, le pommier
- Prunus armenica* L. , l'abricotier
- Prunus persica* (L.) BATSCH, le pêcher
- pyrus communis* L., le poirier.

Citons encore comme autres plantes majeures :

- Aleurites fordii* HEMSLEY et *Aleurites montana* (LOUR.) WILSON, Les aleurites
- Boehmeria nivea* (L.) GAUDICH., La ramie
- Camellia sinensis* (L.) KUNTZE, le théier
- Glycine max* (L.) MERR., le soja.

.L'INDE (2)

Au point de vue de la richesse floristique, l'Inde, ou plus exactement le centre de l'Hindoustan (plaine indogangétique) situé au sud de l'Himalaya et comprenant l'Assam et la Birmanie, est le deuxième centre en importance. On y rattache le centre indo-malais. On y trouve :

- Citrus* sp. (surtout en Assam)
- Citrus aurantium* L., l'oranger amer ou bigaradier
- Citrus limon* (L.) BURM. F., le citronnier

- Citrus medica* L., le cédratier
 - Citrus reticulata* BLANCO, le mandarinier
 - Corchorus olitorius* L., le jute
 - Eleusine coacana* (L.) GAERTNER, le millet africain
 - Gossypium arboreum* L., le cotonnier diploïde
 - Mangifera indica* L., le manguier
 - Oryza sativa* L., le riz
 - Saccharum officinarum* L., la canne à sucre ;
- De nombreuses légumineuses comme :
- Cajanus cajan* (L.) HUTH, le pois cajan
 - Cicer arietinum* L., le pois chiche
 - Vigna radiata* (L.) R. WILCZEK, l'ambérique
 - Vigna umbellata* (THUNB.) OHWI et OHASHI, le haricot-riz
- Et des épices comme *Piper nigrum* L., le poivrier.

Dans le centre indo-malais, on trouve :

- Citrus maxima* (BURM.) MERR., le pamplemoussier
- Cocos nucifera* L., le cocotier
- Dioscorea* spp., les ignames
- Musa* spp., les bananiers.

.L'Asie centrale (3)

Territoire de superficie réduite, comprenant le nord-ouest de l'Inde, le Cachemire, tout l'Afghanistan, certains territoires russes de part et d'autre de l'Himalaya et de l'Indou Kouch, l'Asie centrale est le centre d'origine de beaucoup de nos céréales :

- Hordeum vulgare* L., l'orge
- Triticum aestivum* L., le blé tendre
- *Triticum compactum* HOST., le blé hérisson
- *Triticum sphaerococcum* PERC., « shot wheat »

et aussi le centre d'origine de :

- Cicer arietinum* L., le pois chiche
- Daucus carota* L., la carotte
- Lens esculenta* MOENCH, la lentille
- Linum usitatissimum* L., le lin
- Malus sylvestris* MILLER, le pommier
- Pisum sativum* L., le pois
- Pyrus communis* L., le poirier
- Raphanus sativus* L., le radis
- Sesamum indicum* L., le sésame.

C'est également, avec le Proche-Orient, un des centres d'origine de la vigne cultivée (*Vitis vinifera* L.).

.Le Proche-Orient (4)

Ce centre comprend l'Asie Mineure (Syrie, Irak, Turquie), la région transcaucasienne, une partie du Turkestan. On y trouve les herbacées suivantes :

- Cicer arietinum* L., le pois chiche (centre secondaire)
- Cucumis melo* L., le melon
- Hordeum vulgare* L., l'orge à deux rangs
- Medicago sativa* L., la luzerne
- Secale cereale* L., le seigle
- Triticum durum* DESF., le blé dur
- *Triticum monococcum* L., l'engrain
- *Triticum turgidum* L., le blé tendre (groupe sans arête)

Et de nombreux fruitiers comme :

- Amygdalus communis* L., l'amandier
- Cydonia oblonga* MILLER, le cognassier
- Ficus carica* L., le figuier
- Juglans regia* L., le noyer royal ou noyer à noix comestible
- Prunus cerasifera* EHRH., le cerisier
- Punica granatum* L., la grenade
- Vitis vinifera* L., la vigne.

.La Méditerranée (5)

Ce centre comprend tout le pourtour du bassin méditerranéen. C'est le centre d'origine de :

- Brassica oleracea* L., le chou
- Ceratonia siliqua* L., le caroubier
- Lactuca sativa* L., la laitue
- Olea europaea* L., l'olivier
- Vicia faba* L., la féverle.

Il partage avec le centre chinois le privilège d'être à l'origine de nombreux légumes. C'est également un centre secondaire pour diverses plantes cultivées (lin, orge, légumineuses comme le pois chiche à grosses graines).

.L'Abyssinie (6)

Limité aux altitudes comprises entre 1 500 m et 2 500 m de l'Ethiopie et des montagnes de l'Erythrée et de la Somalie, l'Abyssinie est un centre de superficie très réduite. On y trouve une abondance de variétés botaniques de froment :

- Triticum dicoccum* SCHRANK, l'amidonnier
- Triticum durum* DESF., le blé dur
- Triticum turgidum* L., le blé poulard ;

Des formes variées de :

- Hordeum vulgare* L., l'orge

ainsi que :

- Coffea arabica* L., le caféier
- Eleusine coracana* (L.) GAERTN., le millet africain

-*Eragrostis tef* (ZUCC.) TROTTER, le tef

-*Sesamum indicum* L., le sésame, avec le centre chinois et du Proche-Orient.

On y trouve, par contre, très peu de fruits et de légumes.

.Le sud du Mexique et l'Amérique centrale (7)

Au sud du Mexique et en Amérique centrale, VAVILOV rattache les Antilles. Centre primaire de *Zea mays* L. (maïs), on y trouve notamment le téosinte, la forme sauvage la plus voisine du maïs. Ce dernier a joué dans le Nouveau Monde le même rôle que le froment et le riz dans l'Ancien Monde. On y trouve aussi :

-*Agave sisalana* (ENGELM.) J. R. DRUMM. et PRAIN, l'agave

-*Capsicum annuum* L., le piment doux

-*Cucurbita* ssp., les courges

-*Gossypium hirsutum* L., le cotonnier « upland »

-*Phaseolus vulgaris* L., le haricot commun

Et de nombreux fruitiers comme

-*Carica papaya* L., le papayer

-*Persea americana* MILLER, l'avocatier

-*Psidium guajava* L., le goyavier.

.Pérou, Bolivie, Equateur (8)

Ce centre principal est limité aux hautes montagnes du Pérou, de la Bolivie et de l'Equateur. Il est caractérisé par l'absence de céréales proprement dites. Les plantes à graines utilisées pour la production d'amidon sont des *Chenopodiaceae* :

-*Chenopodium quinoa* WILLD., le quinoa

-*Chenopodium pallidicaule* AELLEN, le canahua

Ou des plantes à tubercules amyliacés comme :

-*Canna edulis* KER-GAWLER, le canna

-*Oxalis tuberosa* MOLINA, l'oxalis

-*Solanum andigenum* JUZ. Et BUK, la pomme de terre de jours courts.

On y trouve aussi :

-*Carica papaya* L., le papayer

-*Cinchona* sp., le quinquina

-*Erythroxylum coca* LAM., le coca

-*Gossypium barbadense* L., le cotonnier irrigué

-*Lycopersicon esculentum* MILLER, la tomate

-*Nicotiana tabacum* L., le tabac

-*Phaseolus vulgaris* L., le haricot commun.

Deux centres secondaires sont rattachés à ce centre primaire, les **Îles Chiloé (9)** avec *Solanum tuberosum* L. (pomme de terre) mieux adapté aux jours longs des conditions européennes que les formes péruviennes adaptées aux jours courts, et le **Brésil** et le **Paraguay (10)** avec :

-*Ananas comosus* (L.) MERR., l'ananas

-*Arachis hypogaea* L., l'arachide

- Hevea brasiliensis* (A. JUSS.) MUELL.ARG., l'hévéa
- Ilex paraguariensis* A. ST. HIL., le mate
- Manihot esculenta* CRANTZ, le manioc
- Passiflora edulis* SIMS, le fruit de la Passion
- Theobroma cacao* L., le cacaoyer.

10.4- Les apports de ZHUKOVSKY

En 1968, un ancien disciple et collaborateur de VAVILOV, P. M. ZHUKOVSKY, porte le nombre de centres d'origine à douze en ajoutant quatre centres à ceux reconnus par VAVILOV (Figure 3.1). Il parle de douze mégacentres qui couvrent presque l'entièreté du globe, à l'exception du Canada, du sud de l'Argentine, d'une partie du Brésil, du nord de la Sibérie et de petites régions comme la Norvège et la Grande Bretagne. Le nouveau système proposé met en évidence la différence dans la différence dans la distribution des espèces sauvages et des cultigènes. Les espèces sauvages ont une distribution très limitée tandis que les cultigènes se sont répandus sur de vastes territoires grâce à l'action de l'homme et se sont ainsi fortement diversifiés.

Quels sont les quatre centres ajoutés par ZHUKOVSKY ?

.L'Indonésie, l'Inde et la Chine (11)

Ce centre se caractérise par un climat plus chaud que le centre de l'Inde et de la Chine. Il serait le centre d'origine des cultures fruitières comme les bananiers du genre *Musa*, le carambolier (*Averrhona carambola* L.), l'arbre à pain (*Artocarpus incisa* L. F.) et le sagoutier (*Metroxylon sagu* ROTTB. et *Metroxylon rumphii* C.MARTIUS).

.L'Australie et la Nouvelle-Zélande (12)

Centre d'origine des nombreuses espèces d'*Eucalyptus*, de *Phormium tenax* FORSTER.

.L'Euro-Sibérie (13)

Ce centre serait à l'origine du houblon (*Humulus lupulus* L.), du pissenlit (*Taraxacum officinale* WIGG.) du cresson (*Nasturtium officinale* R. BR.), du groseiller (*Ribes* sp.) de l'abricotier (*Prunus armeniaca* L.), du pommier (*Malus sylvestris* MILLER).

.L'Amérique du Nord (14)

Ce centre comprend :

- les composées du genre *Helianthus* : *Helianthus annuus* L. (soleil ou tournesol), *Helianthus tuberosus* L. (topinambour) ;
- les éricacées du genre *Vaccinium* : *Vaccinium macrocarpon* AITON (canneberge à gros fruits), *Vaccinium myrtillus* L. (myrtille), du genre *Rhododendron*, du genre *Erica* (bruyère), des azalées ;

-les juglandacées : *Juglans nigra* L., *Carya pecan* C. SCHNEIDER (noix de pécan), *Carya ovata* K. KOCH ;

-les différentes espèces de *Vitis* : *Vitis berlandieri* PLANCH., *Vitis cordifolia* L., *Vitis riparia* MICHAUX, *Vitis rotundifolia* MICHAUX, *Vitis rupestris* SCHEELE. Ces vignes ont été utilisées au siècle dernier pour sauver le vignoble européen gravement menacé par le *Phylloxera*.

Les niveaux d'organisation du monde vivant

.L'unité élémentaire du monde vivant est *l'individu*, porteur d'un patrimoine génétique propre. L'ensemble de ses gènes constitue son *génotype*. Une bactérie contient environ 1 000 gènes, certains champignons de l'ordre de 10 000. Il y en a un peu plus de 30 000 chez l'Homme.

.*L'espèce* est l'ensemble des individus susceptibles d'échanges génétiques fertiles et féconds

.La *population* correspond à l'ensemble des individus d'une même espèce biologique habitant un même milieu. C'est à ce niveau d'organisation que s'effectue la sélection naturelle. Souvent l'espèce est distribuée en populations séparées. Leur existence et leur dynamique sont fonction d'échanges et de remplacements entre elles. Des populations fragmentées interactives sont des *métapopulations*

.Les ensembles plurispécifiques délimités le plus souvent sur des bases taxinomiques constituent les peuplements ou les communautés. La *biocénose* est l'ensemble des populations d'espèces animales et végétales qui vivent dans un milieu donné.

.Le terme *écosystème* a été introduit par Tansley, en 1935, pour nommer un système écologique qui combine l'ensemble des organismes vivants et leur environnement physico-chimique. La Convention sur la Diversité Biologique définit l'écosystème comme un « complexe dynamique formé de communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes, et de leur environnement non vivant qui, par leur interaction, forment une unité fonctionnelle. » Cette définition légale n'est pas différente sur le fond de ce que l'on trouve dans les traités d'écologie.