

Note de synthèse sur les engrais

1. A l'origine des engrais : les besoins des plantes et des êtres vivants

- Pour se développer, les plantes ont besoin d'eau, de CO₂ qu'elles captent dans l'air via la photosynthèse, d'énergie solaire et de près de vingt éléments nutritifs qu'elles trouvent sous forme minérale dans le sol. Ces éléments nutritifs sont constitués :
 - o **De macro-nutriments : Azote (N), Phosphore (P), Potassium (K) ;**
 - o **D'éléments secondaires** : calcium (Ca), soufre (S), magnésium (Mg) ;
 - o **D'oligo-éléments** tels que le fer (Fe), le manganèse (Mn), le molybdène (Mo), le cuivre (Cu), le bore (B), le zinc (Zn), le chlore (Cl), le sodium (Na), le cobalt (Co), le vanadium (V) et le silicium (Si).

- Si les éléments secondaires et les oligo-éléments se trouvent habituellement en quantité suffisante dans le sol et ne devraient être ajoutés qu'en cas de carence, **les plantes ont besoin de quantités relativement importantes des éléments de base N, P et K, dits majeurs** :
 - o **L'Azote (N) est indispensable à la croissance du feuillage et des tiges.**
 - Seules les légumineuses sont capables d'utiliser l'azote présent naturellement dans l'air. L'air est en effet composé à 78% d'azote (N₂) dit inerte car il n'est pas capable, sauf exception, de rentrer dans les cycles biologiques.
 - A l'inverse, l'azote dit réactif est capable d'entrer dans ces cycles : ce sont par exemple les nitrates (NO₃) ou l'ammoniac (NH₃). Cette transformation, la fixation de l'azote, ne peut se faire naturellement que par les bactéries nitrifiantes. Une fois assimilé par les plantes grâce à ces bactéries, l'azote se répand dans la chaîne alimentaire, dont il ressort par les urines ou les matières fécales des animaux, les organismes végétaux ou les corps en décomposition. Ces résidus d'azote se transforment ensuite soit en azote minéral, de nouveau assimilable par les plantes, soit en azote de l'air (N₂ ou N₂O).
 - L'azote est le principal constituant des protéines. Les composés azotés absorbés par les plantes sont des formes transitoires qui servent de matière première à la synthèse des protéines, que seules les plantes sont capables de réaliser. Les espèces animales ne peuvent pas vivre sans protéines, et doivent les trouver dans les plantes et les animaux dont elles se nourrissent. L'azote sous forme de protéines est, après l'eau, le principal constituant de l'organisme humain et de celui de tous les animaux.

 - o **Le phosphore (P) contribue au développement des racines.**
 - Les plantes ne sont pas capables d'absorber directement le phosphore mais le phosphate, une forme soluble du phosphore.
 - Les humains sont formés de 0,7 kg de phosphore en moyenne, principalement dans les dents et les os. Le phosphore est également un élément de base des membranes cellulaires, de l'ADN et des protéines.

 - o **Le potassium (K) favorise la qualité des fruits et la floraison ainsi que la résistance des plantes**, en les aidant notamment à améliorer leur résistance contre le gel, les maladies et les ravageurs.
 - Les plantes sont capables d'absorber le potassium du sol uniquement sous forme de solution (K⁺).
 - Le potassium est un élément important de l'alimentation humaine car il est essentiel à la croissance et au maintien des tissus, des muscles et des organes ainsi qu'à l'activité électrique du cœur.

2. Perspective historique : des engrais organiques aux engrais de synthèse

- Bien que ces éléments nutritifs soient présents naturellement dans le sol ou dans l'air, l'homme a cherché à accroître les productions en apportant des compléments nutritifs aux plantes. **Les engrais existent ainsi depuis l'Antiquité**, comme le prouvent les données archéologiques et la littérature – de *l'Odyssée* aux traités agronomiques. On ajoutait aux sols des os, afin d'apporter du phosphore, de l'azote issu des fumures animales et humaines, et des cendres pour le potassium. **Il s'agissait alors uniquement d'engrais organiques, c'est-à-dire issus de matière vivante.**

- **La dégradation des sols et les famines en Europe des XVIIème et XVIIIème siècles ont entraîné la recherche de sources externes d'engrais pour doper les récoltes.**
 - o A la fin du XVIIIème siècle, le Canada commence à exporter de la potasse fabriquée à partir de cendres de bois. Un siècle plus tard, l'Allemagne entreprend la fabrication à grande échelle de la potasse à partir de sels minéraux.

 - o **La découverte et l'exploitation du guano au XVIIIème et au XIXème siècle marquent une étape importante de l'histoire des engrais.** Si le guano est un engrais naturel – il s'agit d'une matière organique riche en azote, phosphore et potassium – il est également une ressource fossile. En effet, le guano résulte de l'accumulation et du vieillissement d'excréments et de cadavres d'oiseaux marins dans des îles du Pacifique et ces gisements ont été épuisés en un siècle.¹

- **C'est au XIXème siècle que l'agronomie devient une science et que l'on découvre les engrais minéraux et chimiques**, correspondant aux engrais minéraux obtenus par la transformation mécanique et/ou chimique de gisements naturels de phosphate, de potasse ou d'azote.
 - o Le nitrate du désert de l'Atacama au Chili a été exploité de 1820 jusqu'à la Première Guerre mondiale ; il était extrait du caliche, mélange naturel de sels alcalins situés à un mètre minimum sous la surface du désert. De 1884 à 1891, la consommation agricole annuelle de ce produit au niveau mondial a été multipliée par 5 pour atteindre 2,2 millions de tonnes. En France, la plus grande partie des nitrates importés alors étaient affectés à la culture de la betterave sucrière.

 - o Les premières mines de phosphate ont été découvertes au cours du XIXème siècle en Angleterre, aux Etats-Unis, au Maghreb et au Moyen-Orient. Les gisements marocains, les plus importants du monde, ont été découverts parmi les derniers, dans les années 1910 et l'OCP – Office Chérifien des Phosphates – a été créé pour l'exploitation de ces gisements en 1920.

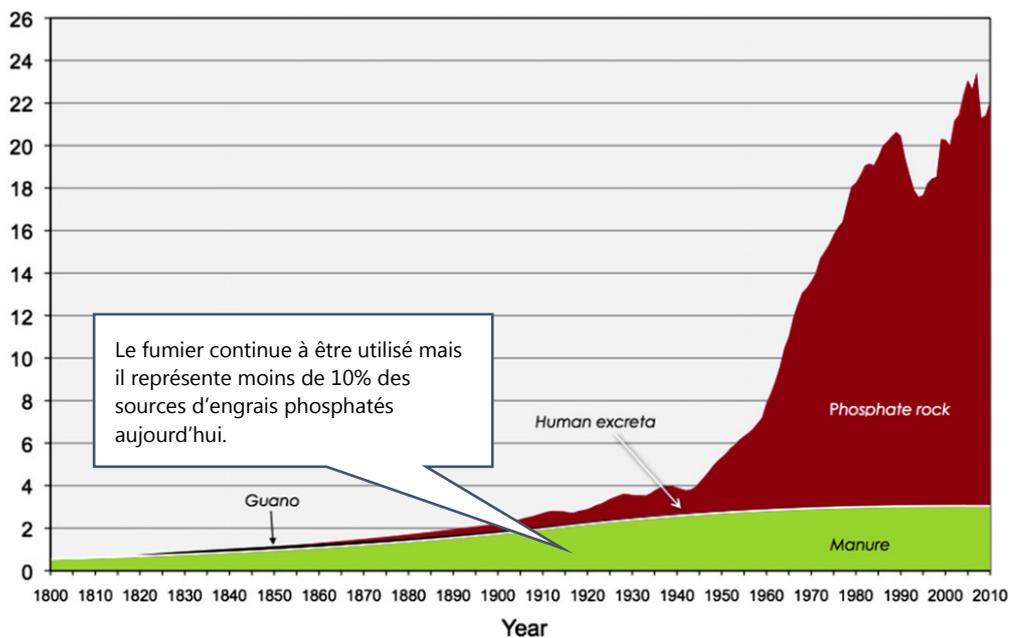
 - o Si la potasse est le premier des trois macro-nutriments à avoir fait l'objet d'un commerce international, il s'agit du dernier pour lequel on ait trouvé des gisements fossiles. En 1943, on découvre en effet de la potasse au Canada à l'occasion de forages pétroliers. La majorité de la capacité mondiale de potasse aujourd'hui est liée à ce type d'exploitation minière souterraine. Cependant, à la différence du phosphate, la disponibilité de la ressource n'est pas un enjeu, et, à la différence du phosphate et de l'azote, l'augmentation de la potasse dans l'agriculture ne présente pas de problème

¹ On commercialise encore du guano aujourd'hui, mais il ne s'agit plus de ressources fossiles – uniquement du fumier d'oiseau – et la production actuelle est 30 fois inférieure à celle du XIXème siècle, représentant 20 000 tonnes par an, soit moins de 0,01% du total des engrais produits dans le monde.

environnemental.

- **La découverte d'engrais minéraux pouvant se substituer aux engrais organiques explique la transition fondamentale qui s'est opérée au XXème siècle : le passage d'un système circulaire à un système linéaire.**
 - o Le cycle du phosphore était auparavant assuré par la réutilisation des sources de phosphore issus des déchets organiques, humains et animaux. Le développement de l'urbanisation au XIXème siècle s'est ainsi accompagné de systèmes de vidange et de récupération des boues des villes pour fertiliser les cultures des campagnes proches. La disponibilité massive de nutriments liée à l'exploitation minière du phosphate a permis de se passer de ce cycle du phosphore.
 - o En parallèle, la révolution sanitaire qui a intégré l'eau au traitement des déchets bio-humains a également nui à ce cycle : nous sommes passés d'une société qui recycle le phosphore en le réintégrant à la terre à une société qui le rejette dans les océans, les lacs ou les rivières. En rejoignant les espaces aquatiques, le phosphore entre dans un cycle long : il faut alors des millions d'années pour qu'il se transforme par sédimentation en roches phosphatées qui, une fois soumises à l'érosion, pourraient à nouveau être disponibles pour le monde vivant.
 - o Un cycle préalablement fermé et durable a donc été ouvert et les molécules de phosphore évoluent maintenant de façon linéaire, des mines jusqu'à l'eau. Ce cycle se caractérise par d'énormes pertes : seul un cinquième du phosphore miné se retrouve dans l'alimentation que nous consommons.

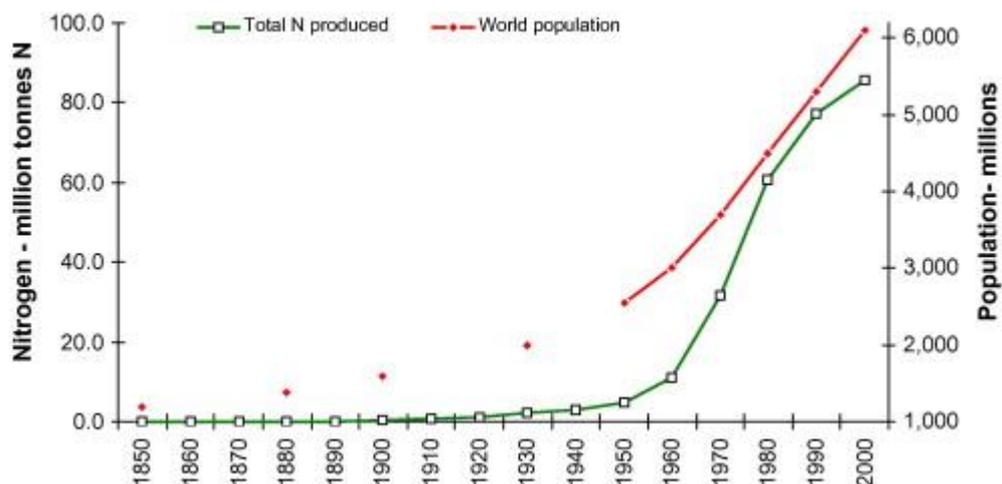
Sources d'engrais phosphatés utilisés en agriculture dans le monde, de 1800 à 2010, en milliers de tonnes par acre de P



Source: Cordell et al. (2009)

- Cette transition du circulaire au linéaire s'est opérée à un niveau encore plus important après la découverte en 1909 de la synthèse de l'azote par le chimiste allemand Fritz Haber. **Le procédé Haber-Bosch** (nom issu du partenariat entre le chimiste et un industriel allemand, Carl Bosch) **est considéré comme l'invention la plus importante de l'histoire de l'agriculture, et son développement, parce qu'il bouleverse le cycle naturel de l'azote, est perçu par certains comme une menace majeure au maintien de la vie sur terre.**
 - Fritz Haber découvrit un procédé de fabrication de l'ammoniac (NH_3) à partir de l'azote de l'air, en combinant haute pression, température élevée et catalyseur. L'ammoniac est la matière première de tous les engrais azotés chimiques : ammonitrates, urée, solution azotée, sulfate d'ammoniac.
 - A l'origine, ce procédé avait deux objectifs, pourtant contradictoires :
 - Nourrir davantage d'êtres humains ;
 - Fabriquer des explosifs, dans un contexte d'armement de l'économie allemande avant la Première Guerre mondiale.
 - **Dès le milieu des années 1920, Alfred Lotka comprend que l'invention des engrais azotés est en train de bouleverser le cycle de la nature** et pressent que le développement de l'industrie de l'azote « ne représente rien moins que l'avènement d'une nouvelle ère dans l'histoire de l'humanité, une nouvelle époque planétaire. **Dans le court laps de temps d'une dizaine d'années – en un instant géologiquement parlant – l'homme a provoqué des transformations d'un ordre de grandeur comparable aux processus planétaires.** ».
 - **En effet, nous sommes passés, entre la fin du XIXème siècle et aujourd'hui, d'une situation de relative pénurie d'azote et de limitation de la production alimentaire à une situation d'excès.** Le transfert de l'azote dans les systèmes environnementaux et ses impacts a été qualifié par un scientifique de « **cascade de l'azote** » (Galloway, 2003) pour traduire l'ampleur des excès d'azote ainsi que la complexité de ses conséquences.

Engrais azotés utilisés dans le monde et évolution de la population mondiale de 1850 à 2000, en millions de tonnes d'azote et en millions d'individus



Source: Dawson et al., 2010

3. Données clés

a. Types d'engrais produits

Engrais simples

Azote – N	Phosphore - P	Potassium – K
Urée 46% d'azote	Superphosphate simple – SSP Phosphore (18%) et soufre	Chlorure de potassium - KCl 60% de potassium
Sulfate d'ammoniaque – SA 21% d'azote, 24% de soufre	Superphosphate triple – TSP Phosphore (46%) et soufre	Sulfate de potassium – SOP 50% de K ₂ O et 18% de soufre
Ammonitrate – AN 33,5% d'azote		
Nitrate de chaux - CAN 27% d'azote, 27% de chaux		

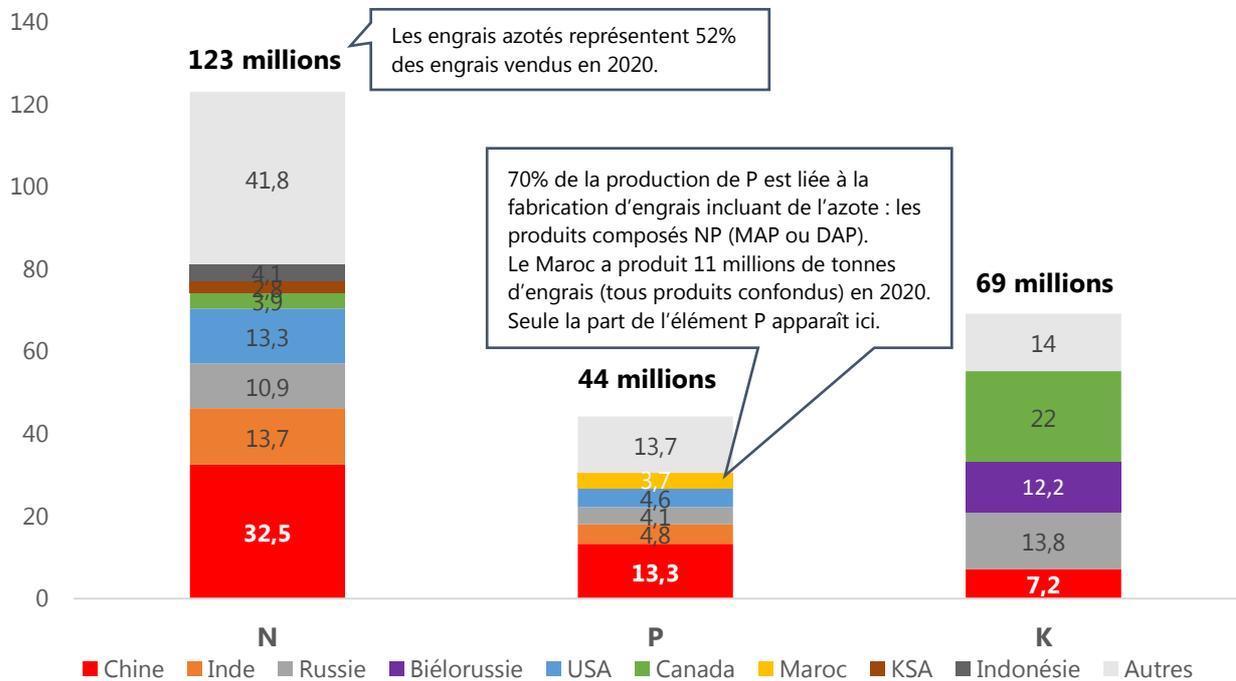
Engrais composés

- **Les engrais au phosphate d'ammonium (MAP et DAP) contiennent à la fois du N et du P et sont de loin les engrais phosphatés les plus consommés dans le monde avec l'urée.**
 - o Après l'urée (environ 52 millions de tonnes /an), le Diammonium Phosphate (DAP) est l'engrais le plus utilisé au monde avec une production de 36 millions de tonnes en 2020, suivi par le Monoammonium Phosphate (MAP), dont la production représentait 32 millions de tonnes en 2020.
- Le nitrate de potassium (KNO₃) contient à la fois du N et du K.
- Enfin certains engrais dits NPK contiennent les trois éléments.

b. Production mondiale

- **La consommation mondiale d'engrais a été multipliée par cinq entre 1960 et 2020, passant de 50 millions à près de 240 millions de tonnes d'engrais.**

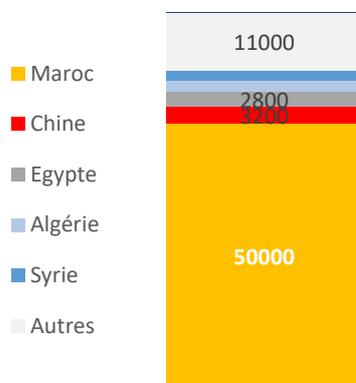
Production mondiale d'engrais par type et par pays, en millions de tonnes, 2020



Source: US Department of the Interior Geological Survey (USGS), Government of Canada

- **Si la part d'engrais P vendus par le Maroc est relativement faible en 2020, les capacités de production sont bien supérieures.** La stratégie du groupe a en effet évolué récemment pour se concentrer vers les engrais, alors qu'elle était dominée par la commercialisation de la roche phosphatée pure (41 millions de tonnes produites en 2020, 37% de parts de marché) et de l'acide phosphorique (7 millions de tonnes produites en 2020, 50% de parts de marché).

Réserves de phosphate par pays, en millions de tonnes

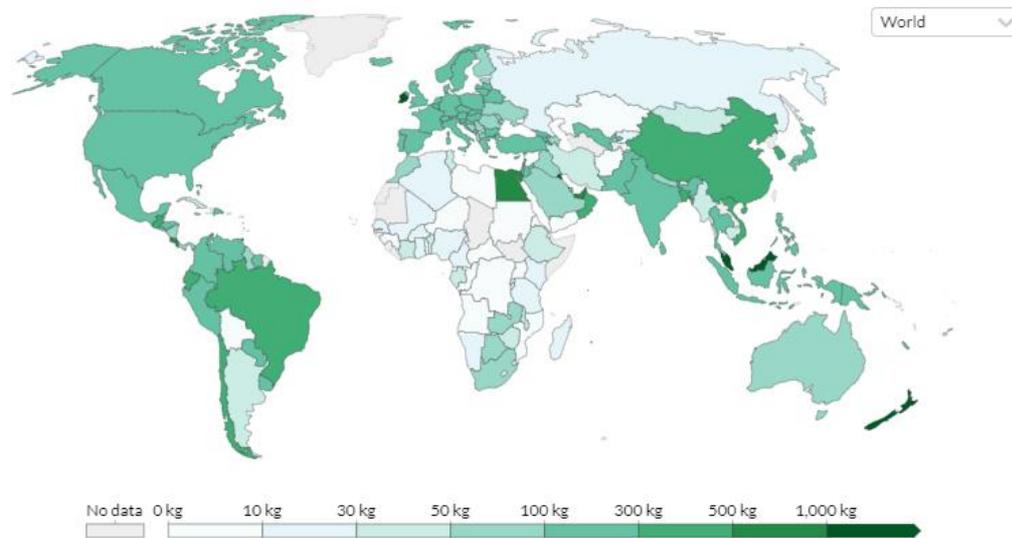


Source: USGS

- Les réserves mondiales exploitables de phosphate représenteraient 69 milliards de tonnes, **le Maroc disposant d'environ 70% du total.**
- **Au rythme de production actuelle, les réserves pourraient tenir près de 3 siècles** (mais seulement 80 ans sans les réserves du Maroc). **Cependant, il existe des controverses concernant ces chiffres.**
 - o Certains scientifiques estiment que les réserves sont inférieures, et que le **'pic du phosphore' pourrait être atteint en 2030.**
 - o D'autres estiment qu'il existerait en réalité plus de 300 milliards de tonnes de ressources de phosphate naturel potentiellement exploitable, portant à plusieurs siècles la possibilité d'exploitation.

- **L'utilisation d'engrais dans l'agriculture varie selon les régions** : les pays d'Asie du Sud-Est y ont massivement recours alors que l'Afrique – à l'exception de l'Egypte – en utilise très peu.
 - o En 2018, la Chine appliquait 393 kg/ha d'engrais sur les sols agricoles, la Malaisie 2 106 kg/ha et le Vietnam 415 kg/ha.
 - o A l'inverse, l'application d'engrais dans la plupart des pays d'Afrique est très faible, la majorité utilisant moins de 30 kg/ha d'engrais sur les sols agricoles. En 2017, l'Afrique représente moins de 3% du marché mondial des engrais en volume. L'Egypte est une exception notable avec l'application de 569 kg d'engrais par hectare sur ses terres arables.

Usage d'engrais par hectare de terre cultivée en 2018



Source : World Bank

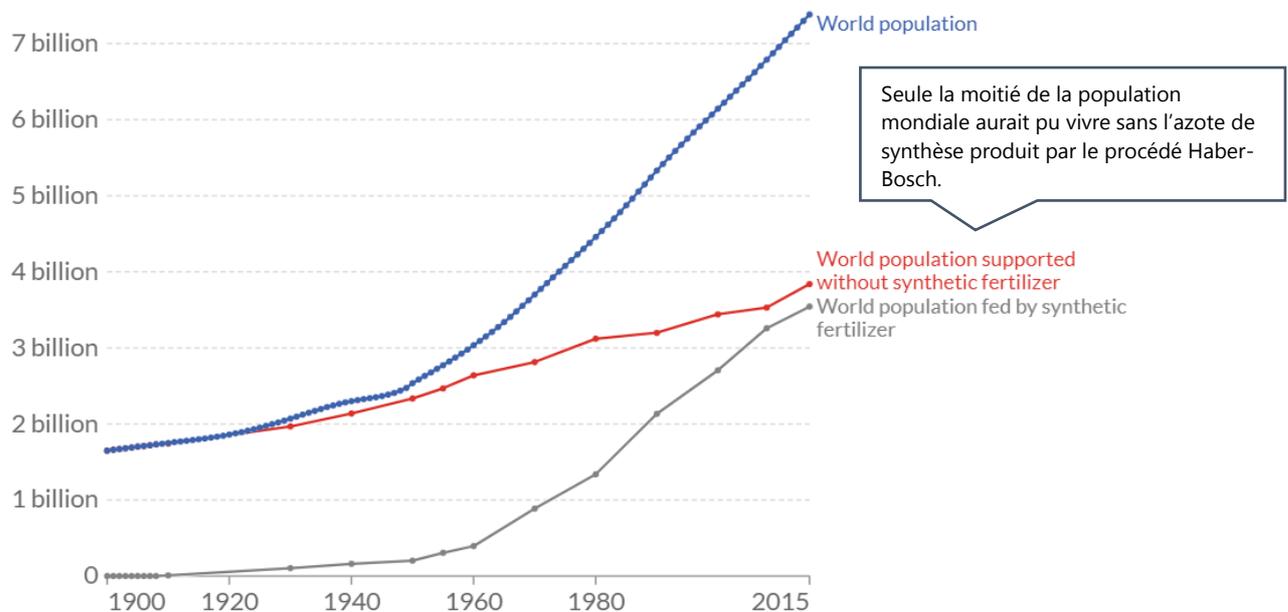
- **Si l'augmentation de la production d'engrais est liée à la nécessité d'accroître les rendements, elle est aussi un effet de l'industrialisation de l'agriculture.** Le besoin de calibrage et de standardisation, notamment pour que les machines arrivent à effectuer les récoltes, a ainsi encouragé la sélection de certaines variétés de blé plus fragiles, nécessitant une quantité d'engrais plus importante. L'usage des pesticides, une autre des réponses apportées à cette faiblesse des plantes, joue également un rôle amplificateur : les plantes, « malades des pesticides » (F. Chaboussou, 2011), ont besoin de plus d'engrais pour pouvoir se développer.

4. Conséquences du développement des engrais minéraux et chimiques

a. Conséquences directes

- **La production agricole a largement progressé, permettant un accroissement considérable de la population mondiale**, passant de 1,6 milliard en 1900 à 6,1 milliards en 2000.

Evolution de la population mondiale avec et sans engrais azotés de synthèse



Source: Erisman et al. (2008), Smil (2002), Stewart (2005), from Our World in Data

- **Les engrais chimiques représentent une source importante de pollution et de dégradation environnementale.**
 - o **Les engrais azotés sont les plus polluants à cause de leur processus de production, de l'application de l'azote sur les sols**, qui génère du protoxyde d'azote, N_2O , et **des conséquences de l'excès d'azote sur l'environnement.**
 - La fabrication d'ammoniac est très consommatrice d'énergie : **il faut environ l'équivalent, en gaz naturel, d'une tonne de pétrole pour produire une tonne d'azote**, et deux fois plus lorsque la source d'énergie est le charbon comme c'est le cas en Chine. La raréfaction du gaz naturel étant inéluctable, le prix des engrais azotés ne pourra qu'augmenter.
 - **Les engrais azotés contribuent au réchauffement climatique** : le protoxyde d'azote (N_2O) qui se dégage dans l'air lors de l'application des engrais azotés a un potentiel de réchauffement 300 fois supérieur au dioxyde de carbone.
 - **Chaque année, 120 millions de tonnes d'azote sont produites sous forme d'engrais, mais les plantes n'en absorbent que 50%**. Le reste va polluer l'eau (sous forme de nitrates) et l'air (sous forme d'ammoniac). **L'atmosphère contient ainsi 10 à 30 fois plus d'azote réactif** (ammoniac ou dérivés) **qu'il y a un siècle**, ce qui conduit à la **création de particules fines**, très dangereuses pour la santé.

- **Le déversement d'excès de phosphore dans les cours d'eau entraîne également** (avec les nitrates) **la pollution de l'eau en provoquant le phénomène d'eutrophisation** : développement des algues se traduisant par des pertes de biodiversité marine.
 - Depuis les années 1950, les surfaces des océans concernées par une teneur de l'eau en oxygène inférieure à 2mg / L, contre une teneur normale de 7 à 10 mg, ont été multipliées par 4 en pleine mer et par 10 dans les zones côtières.
- **L'application excessive d'engrais synthétiques peut entraîner un appauvrissement des sols et affecter leur fertilité.**
 - Les éléments chimiques présents dans les engrais synthétiques peuvent amener à la destruction des micro-organismes naturellement présents dans le sol qui aident les plantes à accroître leur résistance face aux maladies.
 - L'utilisation excessive d'engrais chimiques augmente l'acidité du sol - affectant de manière néfaste sa capacité à laisser circuler l'eau et l'air dans le sol – ce qui peut entraîner une infertilité des sols avec une forte baisse des rendements.
- **Certains engrais sont explosifs.**
 - Le nitrate d'ammonium est à l'origine de l'explosion de l'usine AZF de Toulouse en France en 2011 (31 morts, 2500 blessés), de la West Fertilizer Company au Texas en 2013 (15 morts, 200 blessés), de la double explosion au port de Beyrouth en 2020 (150 morts, 6000 blessés).

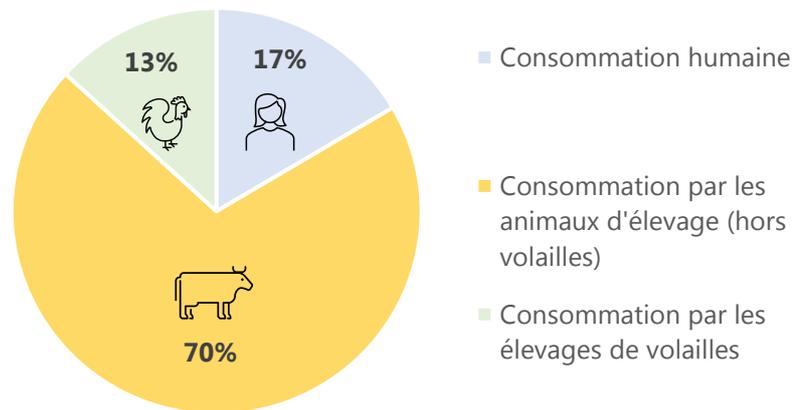
b. Conséquences indirectes

- En France et dans la plupart des pays, jusqu'au milieu du XXème siècle, la grande majorité des fermes étaient de polyculture-élevage. **L'apparition des engrais a contribué à la séparation de l'élevage et de la culture.**
 - Le système polyculture-élevage est cohérent : les vaches apportent le fumier pour fertiliser les sols et les légumineuses apportent l'azote nécessaire pour compléter celui qui est contenu dans le fumier et le purin. L'apparition des engrais a pourtant fait paraître ce système inutile : la nouvelle source d'azote apportée par l'engrais semblait inépuisable, peu coûteuse et facile à épandre.
 - Comme la plupart des fermes n'avaient plus d'animaux et que la demande en viande et produits laitiers augmentait rapidement, il fallait des exploitations consacrées uniquement à l'élevage minimisant les coûts de production. C'est ainsi que sont apparues les fermes de mille vaches, les porcheries industrielles, et les élevages de volailles de plusieurs dizaines de milliers de poules.
 - La France comptait 6 millions d'exploitations agricoles en 1955 et seulement 400 000 aujourd'hui.
 - **Ainsi, l'élevage industriel apparaît comme l'héritier de la synthèse industrielle de l'azote.** Alors que, dès les années 1960, les agronomes préconisaient d'associer agriculture et élevage dans les régions du monde - notamment en Afrique – où ces deux activités étaient séparées, l'agriculture moderne a fait le chemin inverse.
- **Depuis la généralisation des fermes céréalières sans bétail, la teneur du sol en matière organique** – qui ne peut être maintenue que par des apports organiques, des engrais verts et/ou des cultures fourragères pluriannuelles – **y a fortement baissé. L'usage du labour, parce**

qu'il déséquilibre le microbiote des plantes, contribue à cet appauvrissement du sol. Lors du labour, les bactéries aérobies sont enfouies tandis que les bactéries anaérobies sont déterrées. La disparition des bactéries aérobies entraîne l'acidification des sols, le parasitage des racines et la pollution des nappes phréatiques.

- **Dans les pays développés, l'augmentation des rendements a surtout fortement contribué à l'augmentation de la consommation de viande** grâce à un excédent considérable de la production de céréales par rapport aux besoins pour la consommation humaine.

Consommation de céréales et aliments dérivés en France



Source : Passion céréales, 2020, in 'Les Apprentis sorciers de l'azote', Claude Aubert, Terre vivante, 2021

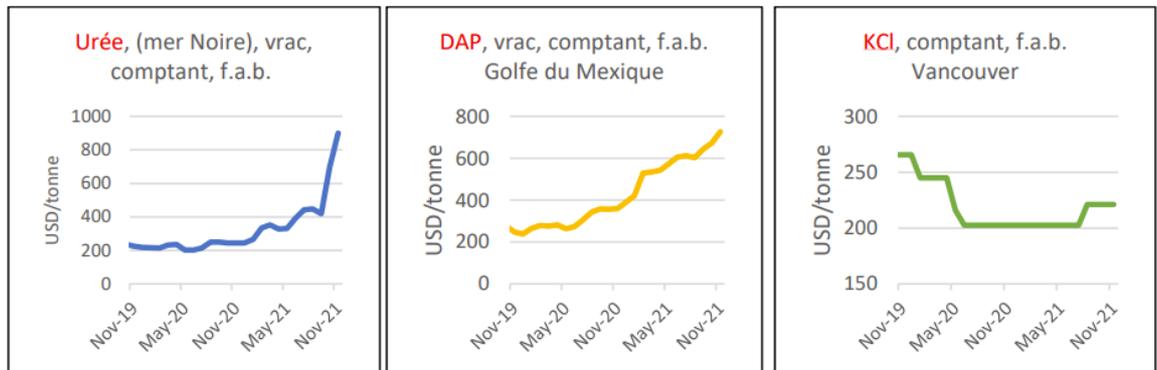
- **La qualité nutritionnelle des aliments semble avoir baissé au cours du XXème siècle.** S'il est difficile d'incriminer spécifiquement les engrais chimiques, l'ensemble des technologies apportées par la « Green Revolution » agricole des années 1960 – dont les engrais font partie, au même titre que la mécanisation, la sélection de semences, les pesticides, les monocultures intensives et la séparation culture / élevage – sont responsables de cette diminution. De nombreuses études ont prouvé que la qualité des cultures avait ainsi nettement baissé, entraînant des conséquences sur la santé, l'apparition de maladies chroniques – notamment dans les milieux les plus pauvres – ainsi que des effets sur la productivité.
 - Une étude américaine a mis en évidence des réductions significatives de certains nutriments pour plus de 40 fruits et légumes, entre 1950 et 1999 : jusqu'à 20% pour la vitamine C, 15% pour le fer ou 16% pour le calcium (Davis, Journal of the American College of Nutrition, 2004).
 - En France, le professeur Philippe Desbrosses, Docteur en sciences de l'environnement, explique également qu'il faudrait « 100 pommes actuelles pour le même apport de vitamine C qu'une pomme ancienne et 20 oranges pour le même apport de vitamine A qu'une orange ancienne. ».
 - Cependant, un biais de quantification peut exister pour les données nutritionnelles anciennes. Une étude de Léon Gueguen, directeur de recherches à l'Inra, remet ainsi en cause la méthodologie de l'étude de Davis et conclut à l'absence d'impact significatif de l'agriculture intensive et de la sélection végétale sur la valeur nutritionnelle du régime alimentaire global.

5. Impacts du contexte géopolitique actuel sur les engrais

- **Avant la guerre en Ukraine, les engrais connaissaient déjà une situation exceptionnelle** et les prix internationaux de référence des engrais ont augmenté tout au long de 2021.

Evolution des prix des engrais azotés (urée), phosphatés (DAP) et potassiques (KCI)

De novembre 2019 à novembre 2021, en \$ / tonne



Source : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

- **Cela s'explique par un contexte particulier offre / demande :**
 - o **Les prix du gaz naturel ont connu une forte augmentation en 2021**, notamment du fait de conditions météorologiques défavorables ayant freiné la production d'énergie renouvelable.
 - o La hausse de la demande mondiale d'engrais et l'augmentation des prix a conduit certains producteurs à mettre en place des **restrictions à l'exportation**, accroissant la pression à la hausse sur les prix internationaux des engrais.
 - o La pandémie de Covid a provoqué des **perturbations dans les chaînes d'approvisionnement**, accroissant les coûts du transport et rallongeant les temps de transit.
- **La guerre en Ukraine prolonge et aggrave cette situation.**
 - o La Russie a recommandé aux entreprises nationales de suspendre leurs exportations.
 - o La Russie concentre plus de 13% des échanges de produits intermédiaires d'engrais, 16% d'engrais finis, et 40% d'engrais azotés ammonitrates.
 - Le Brésil est un des pays les plus affectés du fait de sa très grande production mondiale de céréales, dépendante du nitrate et de sa consommation de plus de 60% d'engrais azotés russes.
 - L'Europe dépend à 40% de la Russie et de la Biélorussie pour ses importations d'engrais.
- Pour le Maroc, la situation présente des avantages (augmentation des prix de vente, augmentation de la demande et extension vers de nouveaux marchés) mais également un risque. **Le Maroc est importateur de gaz et d'ammoniac, deux éléments centraux dans la production de phosphates et d'engrais** ; les coûts de production devraient donc augmenter.

6. Pistes d'évolution pour une agriculture durable

- En l'état actuel des choses et à court terme, les engrais chimiques sont vitaux pour maintenir la sécurité alimentaire ; ils sont en effet à l'origine de 50% de la production alimentaire mondiale.
- Cependant, la situation ne peut pas perdurer : l'agriculture conventionnelle basée sur les engrais chimiques, les pesticides et les variétés à haut rendement n'est pas durable. La seule fonction de ce modèle est de nourrir la population mais les autres fonctions, historiques, des agriculteurs ont été oubliées : architecture des paysages, préservation des sols, de la biodiversité et de la santé.
- La réponse aux problèmes actuels appelle donc une refonte globale de l'agriculture, notamment par les initiatives suivantes :
 - o **Réduction de l'élevage intensif** (environ 80% de l'élevage en France est intensif) et en conséquence, réduction de la consommation de viande.
 - o **Développement de l'agriculture biologique ou d'autres formes de production non conventionnelles** (ex. de la 'Production Intégrée' en Suisse) qui proposent des moyens de production naturels et non polluants (rotations des cultures, engrais organiques, développement des légumineuses etc.)
 - o Mise en place de **nouvelles pratiques de travail du sol**, notamment via la limitation des labours pour préserver sa fertilité, et les jachères, pour permettre sa reconstitution.
 - o **Développement du modèle polyculture-élevage**, notamment dans des régions où l'agriculture intensive n'est pas encore installée (ex. en Afrique).
 - o **Optimisation de la consommation d'eau** et usage de sources non-conventionnelles.
 - o **Limitation de l'usage des engrais synthétiques (notamment les engrais azotés), et recours à des engrais plus durables** (engrais organiques issus du recyclage des biodéchets) **ou à des adjuvants permettant de capter les nutriments présents dans l'air** (ex. du bois vert qui capte l'azote), **dans l'eau** (ex. des algues Kelp) **ou dans le sol** (ex. bactéries ou mycorhizes).
- **Cela se traduira par les impacts suivants dans les pays où l'agriculture est intensive :**
 - o **Diminution de la taille des exploitations ;**
 - En France, la surface moyenne d'une exploitation est de 69 hectares (180 aux Etats-Unis, 81 au Royaume-Uni), et la tendance est à la hausse (55 ha en 2010) du fait de la diminution constante du nombre d'exploitations depuis 50 ans : on est passés de 1,6 million en 1970 à moins de 400 000 aujourd'hui.
 - Au niveau mondial, la part des petites exploitations (moins de 2 hectares) reste cependant prédominante (84% du total des 570 millions d'exploitations).
 - o **Plus grande main d'œuvre agricole ;**
 - En France, l'agriculture représentait environ 30% de la population active dans les années 1950, et moins de 5% aujourd'hui. La transition agricole durable, parce qu'elle nécessite la réduction de la taille des exploitations et l'augmentation de la part de l'agriculture biologique ou raisonnée, implique une main d'œuvre importante, notamment pour compenser la baisse de la mécanisation.

- En Afrique et en Asie, l'agriculture occupe encore plus de 50% de la population ; les enjeux se portent sur la professionnalisation et la rémunération des agriculteurs.
- **Part plus élevée de la nourriture dans les budgets des ménages.**
 - Cela inverserait la tendance engagée depuis le milieu du XXème siècle pour les pays occidentaux : entre 1960 et 2020, cette part a ainsi diminué, passant de 35% à 17% en France et de 17% à 9% aux Etats-Unis.
 - Aujourd'hui, les Européens consacrent en moyenne 15% de leur budget pour l'alimentation, avec de fortes disparités selon les pays (ex. moins de 10% en Irlande, plus de 20% en Lettonie ou en Croatie)
 - En Afrique, cette part peut se rapprocher de la moitié du budget des ménages (ex. Nigeria à 56%, Kenya à 47%).

Note : les travaux sur la Green Vision pour OCP et sur la Transition Agricole pour Veolia développeront ces pistes d'évolution.