Séance commune Académie d'agriculture de France/Académie des sciences
Mercredi 5 novembre 2003

ALIMENTATION – NUTRITION HUMAINE

Les perspectives nutritionnelles offertes par les OGM en alimentation humaine

Gérard PASCAL
(Directeur scientifique à l'INRA, Paris)

Que peut-on prévoir dans un avenir proche? (1)

- **DuPont Biotechnology – "The DuPont Difference" (01 February 2002):**
  - **On the market today …**
    - **Insect resistant corn;**
    - **Herbicides resistant soybeans, corn and canola;**
  - **Just around the corner …**
    - **Soybeans with healthier oil;**
    - **Better feed for livestock that reduces environmental impact;**
    - **Improved insect resistance;**
    - **Higher quality grain;**
    - **More efficient corn processing;**
    - **Bio-based clothes and plastics**

Que peut-on prévoir dans un avenir proche? (2)

- **DuPont Biotechnology – "The DuPont Difference" (01 February 2002):**
  - **On down the road:**
    - **Drought tolerant corn;**
    - **Plant as factories;**
    - **More new consumer-friendly products (polymers, silk-like fibers, cosmetics and adhesives);**
    - **Further improved Corn**
    - **Food quality improvements (corn that allows for increased absorption of Iron, soybeans with higher levels of isoflavones, reduced allergenicity in soybeans)**

Des modifications de composition des végétaux allant dans le sens d'une amélioration de leur valeur nutritionnelle:

- **Macro-constituants:**
  - **Protéines et acides aminés;**
  - **Lipides et acides gras;**
  - **Glucides;**
- **Micro-constituants:**
  - **Vitamines;**
  - **Oligoéléments;**
  - **Phytoconstituants biologiquement actifs.**

Protéines et acides aminés

- **Maïs ou soja enrichis en méthionine et/ou lysine (Dekalb Genetics Corporation ou Du Pont, 1996-2001) ;**
- **Pommes de terre exprimant le gène AmA1 d'une albumine non allergénique de la graine d'*Amaranthus hypochondriacus* (S. Chakraborty et al., PNAS, 2000, Université de New Dehli aux Indes): 33% de protéines en plus et enrichissement en Lysine et Méthionine (soumise pour une autorisation en Inde en 2003);**
- **Pommes de terre où l'isoforme 20R de la protéine14-3-3 est réprimée: enrichie en protéines et en Lysine et Méthionine (Swiedriych A. et al., J. Agri.Food Chem., 2003).**

Lipides et acides gras

- **Soja riche en acide oléique, à faible teneur en acides gras saturés et en acide α linolénique (Du Pont) ;**
- **Huile de coton riche en acides stéarique ou/et oléique (CSIRO, Australie): Liu Q. et al., Plant physiology, 2002;**
- **Plantes riches en acides gras polyinsaturés à longue chaîne (C20 et C22) des séries n-3 (en développement chez MONSANTO, 2002) et n-6 (Calgene, Abbott, Dow Agro…, 2000-2001) ;**

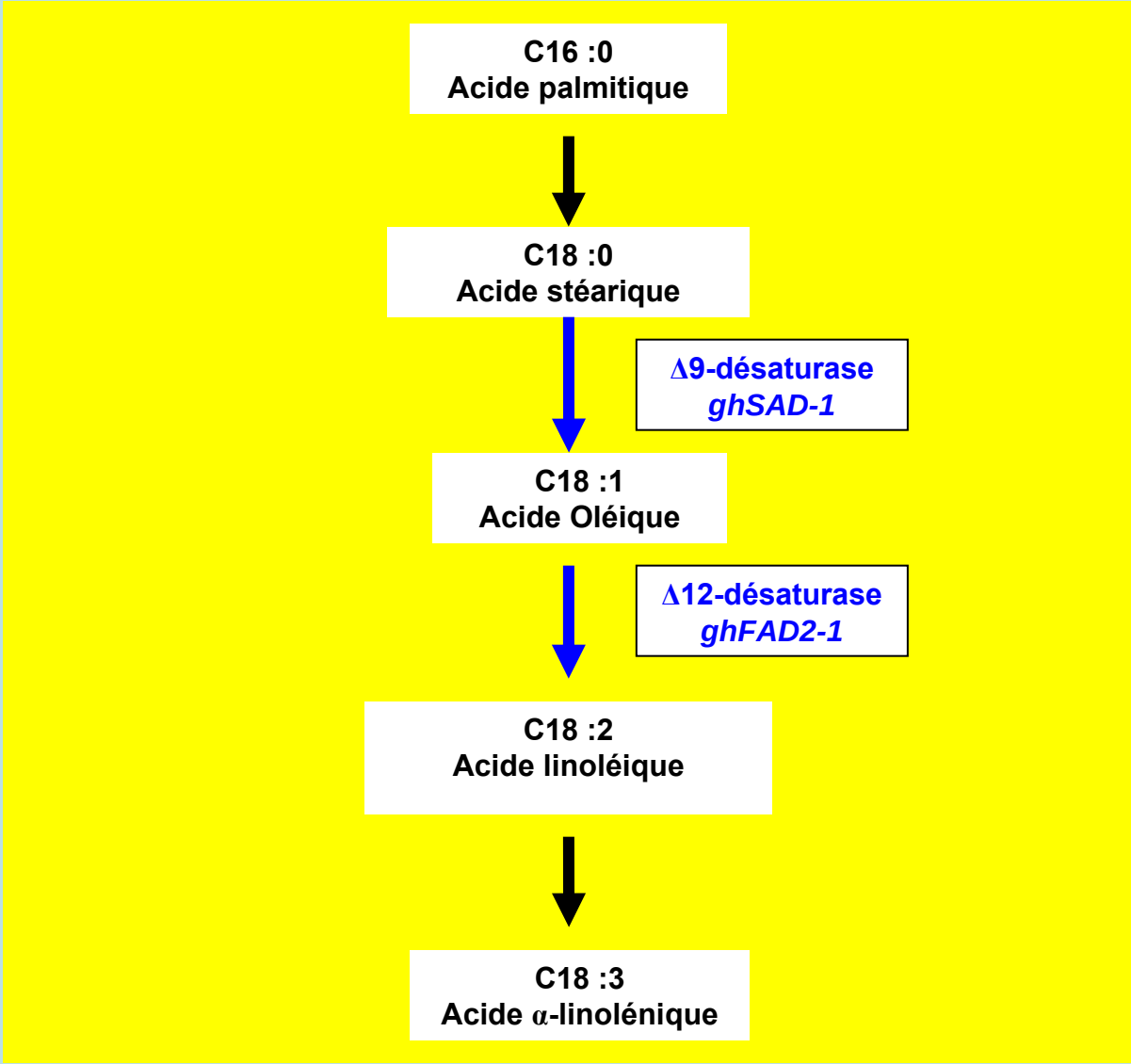


Schéma de biosynthèse des acides gras chez les plantes

SOJA GENETIQUEMENT MODIFIE DE DUPONT, RICHE EN ACIDE OLEIQUE

Composition en acides gras des lipides de deux lignées GM, comparée à celle de la lignée parentale

Acides gras	Lignée parentale Elite	Lignée A-GM	Lignée B-GM
16 :0	10,1	6,3	6,6
18 :0	3,2	3,7	3,6
18 :1	14,7	84,6	84,9
18 :2 (9,12)	61,6	0,9	0,6
18 :2 (9-15)	indétectable	0,8	0,7
18 :3	9,5	2,4	1,9

Composition en acides gras des différentes huiles de coton du CSIRO

	C16:0	C18:0	C18:1	C18:2 n-6	C18:3 n-3
Témoin (Coker 315)	25,6	2,3	13,2	58,5	0,1
Δ9-HP* 150	14,9	39,8	3,8	38,8	0,2
Δ-12-HP*23	15,3	2,3	78,2	3,7	0,1
F2	13,7	39,9	37,4	6,0	0,6

Glucides

- **Pommes de terre à pourcentage réduit en eau et accru en amidon (réduction de l'absorption d'huile et du temps de cuisson) ;**
- **Pommes de terre à teneur accrue en amylose, par inhibition de l'enzyme de branchement (Nature Biotechnology, 2003)**
- **Plantes (betteraves à sucre) productrices de fructanes ou d'inuline (Wageningen University RC, Sudzucker 2001)**

Vitamines

- **Broccolini enrichi en vitamine C (x7) (2000) ;**
- **Maïs enrichi en vitamine E (Pioneer, Du Pont) ;**
- **« Riz doré » enrichi en ß carotène (Ingo Potrykus, Fondation Rockfeller avec Syngeta, Bayer, Monsanto Orynova et Zeneca Mogen), testé par l'IRRI (Philippines) ;**

Golden Indica and Japonica Rice Lines Amenable to Deregulation (*Plant Physiology*, September 2003)*

- "These novel lines, now in the T_3 generation, are highly valuable because they are expected to more readily receive approval for follow-up studies as nutritional and risk assessment and for breeding approaches leading to locally adapted variety development."

*Travail soutenu par la Rockefeller Foundation (New York)

La supercherie du riz doré

"Quand les relations publiques remplacent la science"
par le Dr. Vandana Shiva

- " Le riz doré: une technologie pour créer des carences en vitamine A!
  - Le tableau suivant (extraits) présente la teneur en vitamine A **(mg/100g)** de plantes couramment utilisées dans l'alimentation en Inde:
    - Chou:217;
    - Epinards:600;
    - Carottes 217-434;
    - Beurre: 720-1200."

Ces chiffres sont à peu près bons … sauf qu'il s'agit de µg et non de mg! Lorsque l'on veut tuer son chien ….

Oligoéléments

- **Riz enrichi en fer dont la biodisponibilité est augmentée (Swiss Federal Institue of Technology, Ingo Potrykus): ce riz a un contenu en fer jusqu'à 2 fois plus élevé que le riz témoin, une activité phytase 130 fois plus élevée et, conséquence inattendue de la transformation, une teneur 7 fois plus élevée en résidus cystéine (J. Amer. Coll. Nutr.; June 2002).**

(0,6 % de la population bretonne souffre d'Hémochromatose)

Phytoconstituants biologiquement actifs

- **Tomates enrichies (x 78 dans la peau) en flavonoïdes (rutine), à capacité antioxydante augmentée, aussi riches que les oignons (Unilever, Nature Biotech., 2001);**
- **Tomates enrichies en lycopène, présentées comme « anti-cancer tomato » (Purdue University and USDA-ARS, Nature Biotech., 2002), elles sont, de plus, à mûrissement ralenti;**

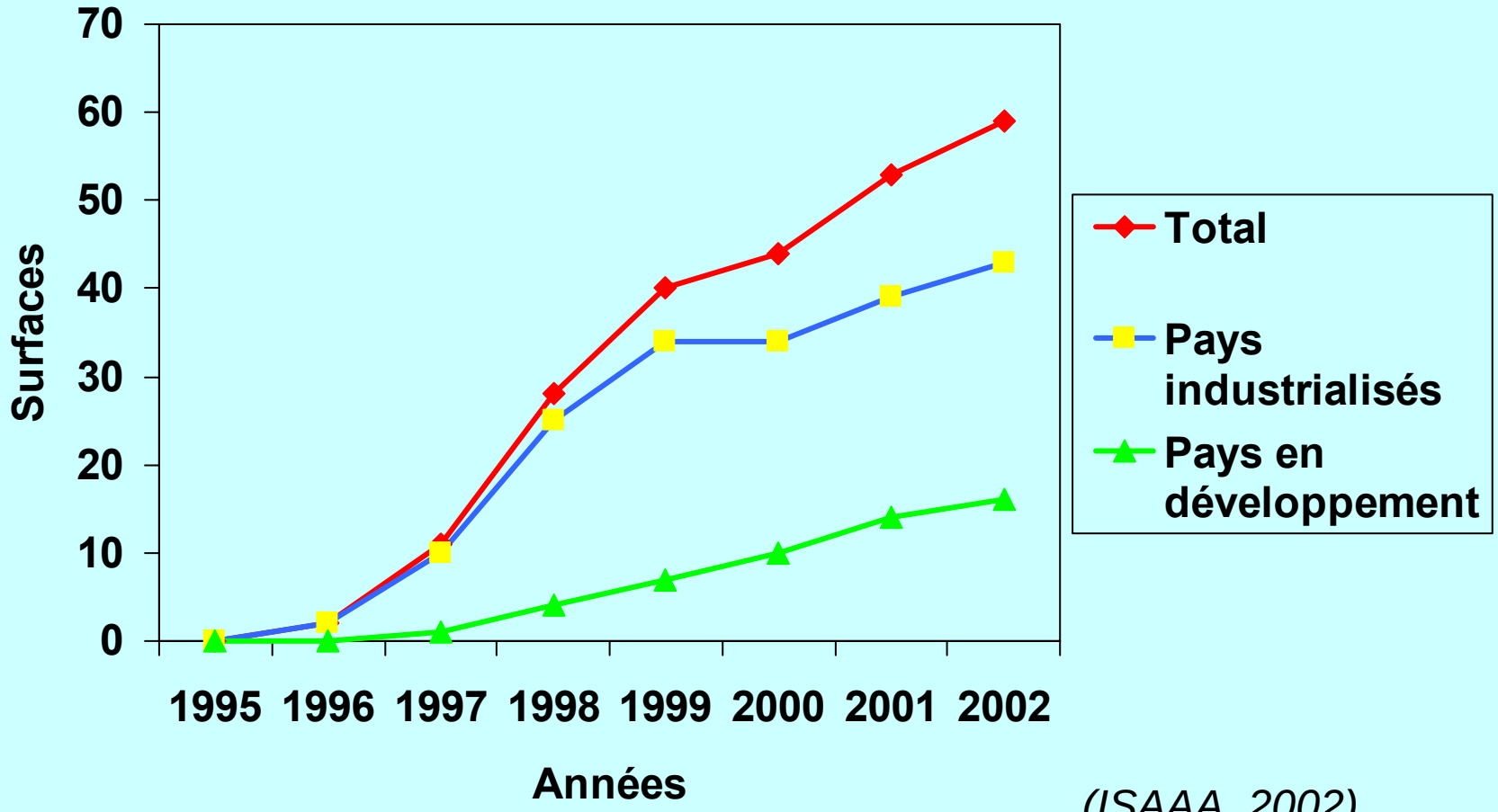
« Lycopene – Potential Nutraceutical of the Future » !

« Tomates ayant intégré le gène codant pour la thaumatine, pour « sucrer » des tomates qui n'auraient pas les qualités organoleptiques recherchées »

D’autres applications

- Plants de café “décaféinés” (Nara Institute of Science and Technology, Japon, Nature, June 2003), -70% de caféine;
- Soja hypoallergénique: brevet américain de février 2003 de DuPont: élimination de la protéine P34, principal allergène du soja ainsi que de 8 autres allergènes mineurs.

Surface globale de végétaux transgéniques cultivés dans le monde de 1996 à 2002 (millions d'hectares)



(ISAAA, 2002)

Importances relatives des surfaces cultivées en OGM en 2001 et 2002 (en % du total)

	2001	2002
USA	68	66
Argentine	22	23
Canada	6	6
Chine	3	4
Autres	1	1

(ISAAA, 2002)

Importances relatives des espèces cultivées en OGM en 2001 et 2002 (en % du total)

	2001	2002
Soja	63	62
Maïs	19	21
Cotton	13	12
Colza	5	5
Autres	<1	<1

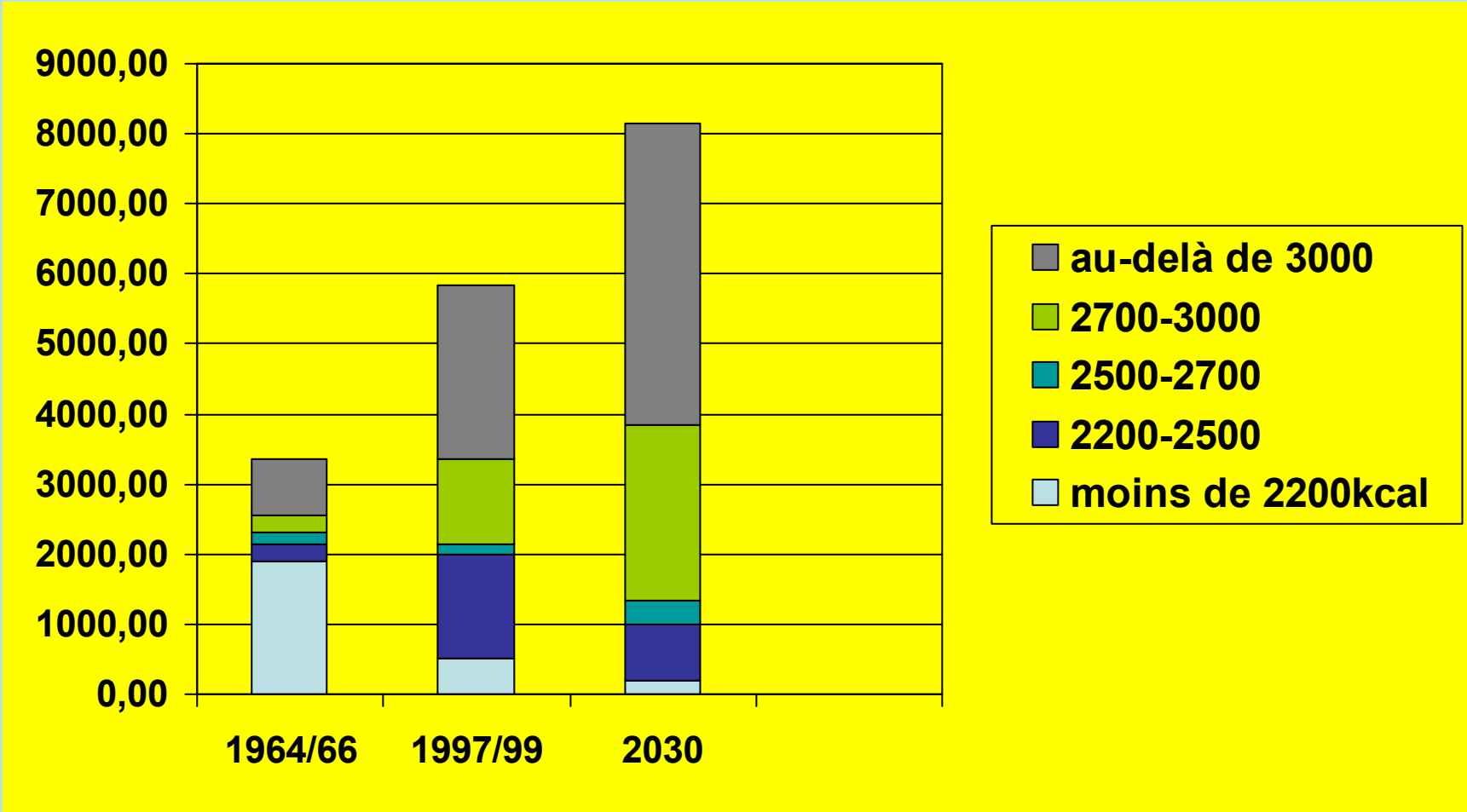
(ISAAA, 2002)

Importances relatives des objectifs des transformations réalisées dans les plantes OGM en 2001 et 2002 (en % du total)

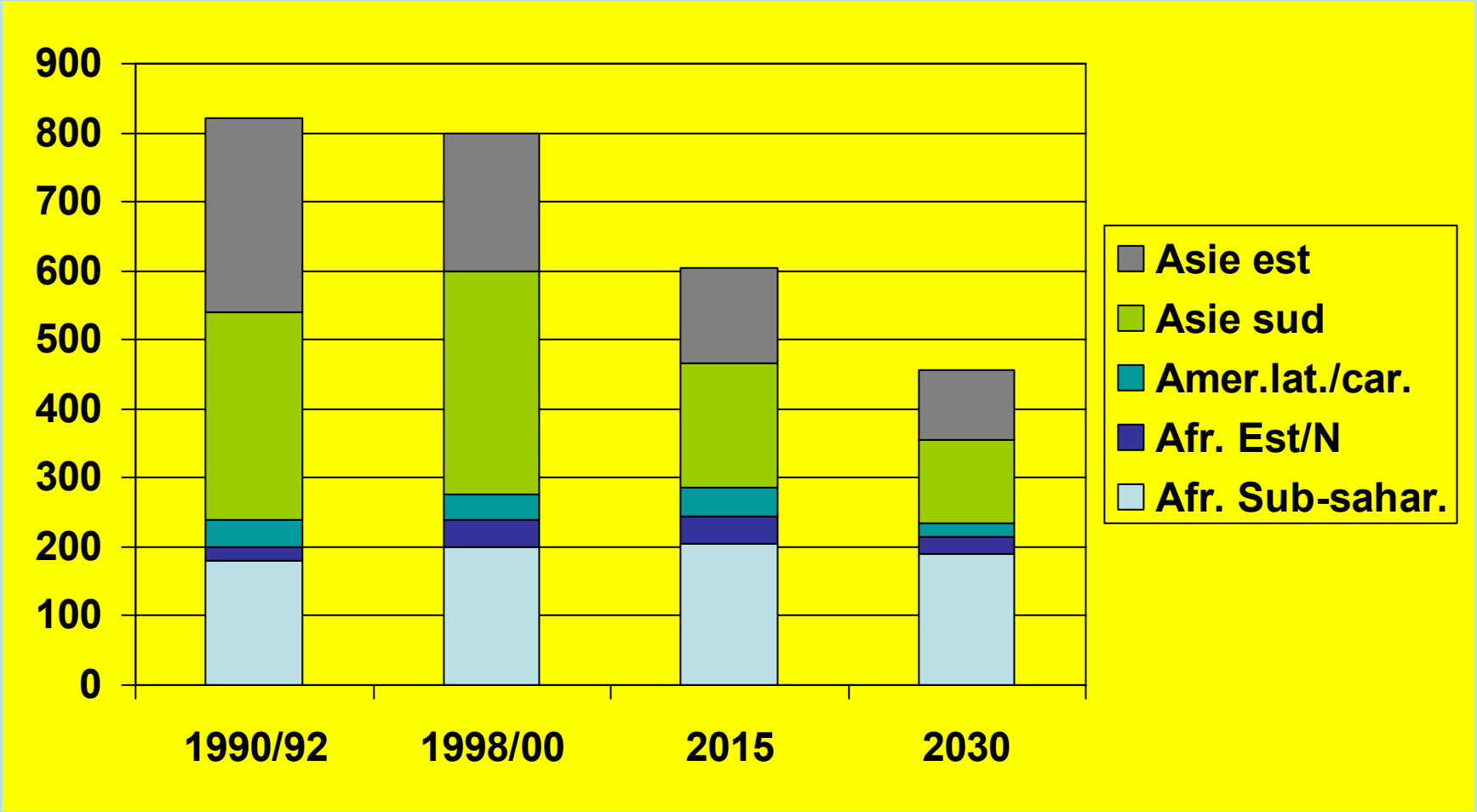
	2001	2002
Tolérance aux herbicides	77	75
Résistance aux insectes	15	17
Bt/tolérance aux herbicides	8	8
Résistance aux virus/ autres	<1	<1

(ISAAA, 2002)

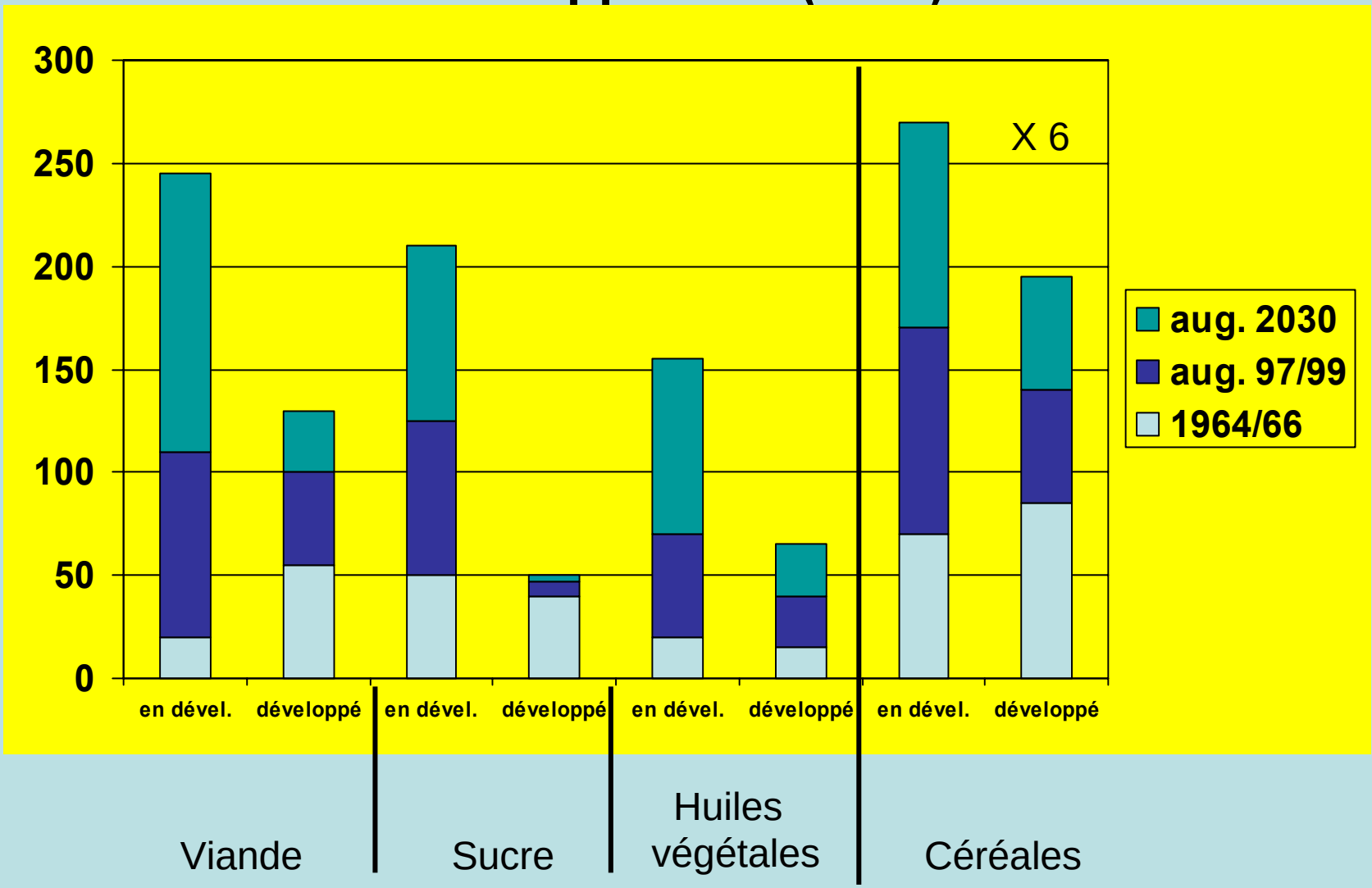
Prévisions d'évolution de la population mondiale et de l'apport calorique/jour, (Alexandratos N. , FAO, 2003)



Prévisions d'évolution du nombre de personnes sous-nutries (en millions) d'après la FAO.



Production et évolution (observée et prévue), en millions de tonnes, dans les pays développés et en développement (FAO)



CONCLUSIONS (1)

- **L'amélioration de la sécurité alimentaire dans le monde et donc de l'état nutritionnel des populations, n'impose pas l'utilisation d'OGM. Ces OGM peuvent cependant être des outils utiles s'ils sont conçus pour répondre aux besoins spécifiques des pays en développement, y compris dans le domaine de la qualité nutritionnelle des matières premières produites par l'agriculture;**

- **Certains OGM, utiles pour certains groupes de population, peuvent présenter des risques pour d'autres groupes;**

- **Beaucoup d'OGM dont il est question dans la littérature ne sont que des « bêtes de laboratoire »;**

- **Les résistances des consommateurs aux OGM dans de nombreux pays, ont conduit les scientifiques a utiliser les biotechnologies comme outils de laboratoire permettant d'identifier des marqueurs moléculaires (QTL associés à des gènes candidats) permettant d'accélérer l'amélioration variétale « traditionnelle » pour ce qui concerne, par exemple, les teneurs en caroténoïdes;**

CONCLUSIONS (2)

- **Cette amélioration de l'efficacité de la sélection végétale conduit également à explorer pour mieux l'exploiter, la diversité biologique d'une même espèce végétale en matière de composition en nutriments et en micro constituants biologiquement actifs;**

- **Les objectifs qui peuvent être atteints grâce aux OGM, peuvent l'être par d'autres méthodes comme la sélection améliorée, l'utilisation de nouvelles sources locales de matières premières, le mélange d'aliments (cas des huiles végétales), la supplémentation, toutes méthodes qui présentant aussi des inconvénients ou des difficultés de mise en œuvre;**

- **Il semble évident que l'outil surpuissant de la biotechnologie sera de toute façon utilisé, avec des objectifs qui divergeront sans doute sensiblement de ceux de ses promoteurs à l'origine.**