

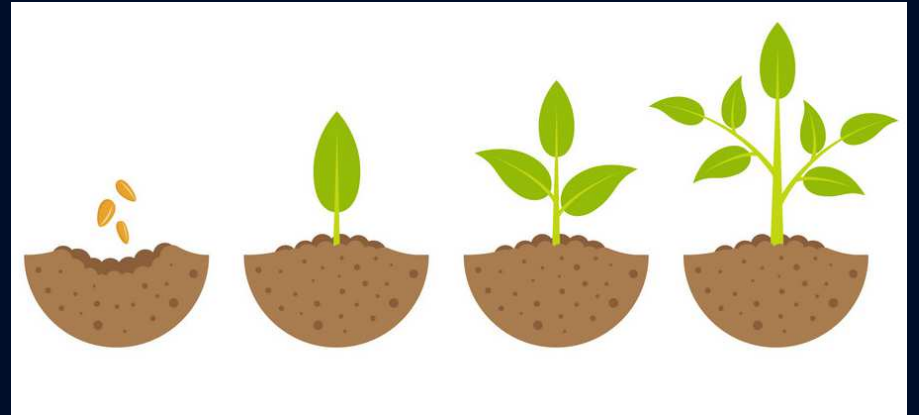
L'environnement horticole intérieur

par

Enrico Di Pietro, ing.

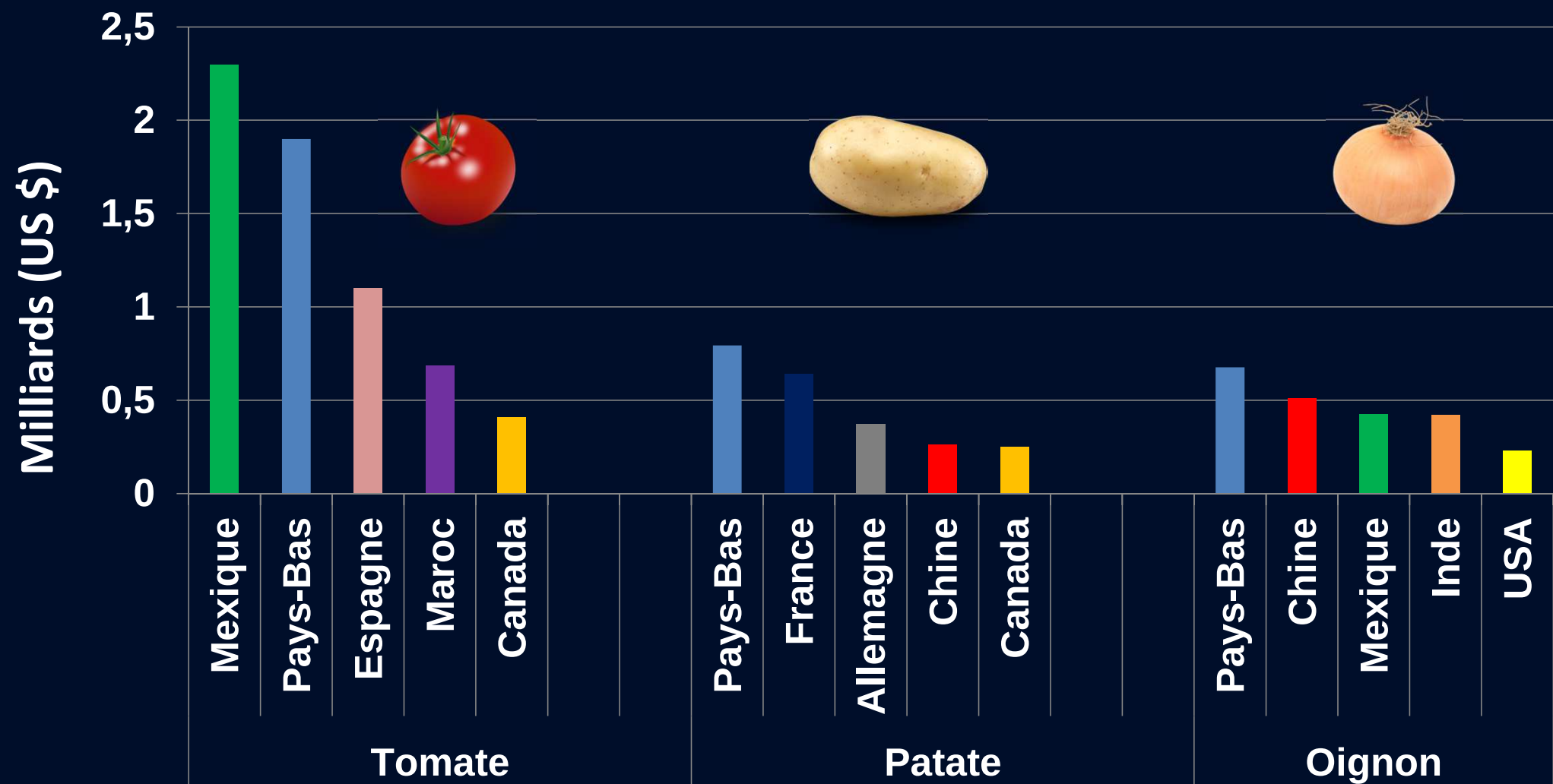
Introduction à l'horticulture intérieure

Hortus = jardin + culture

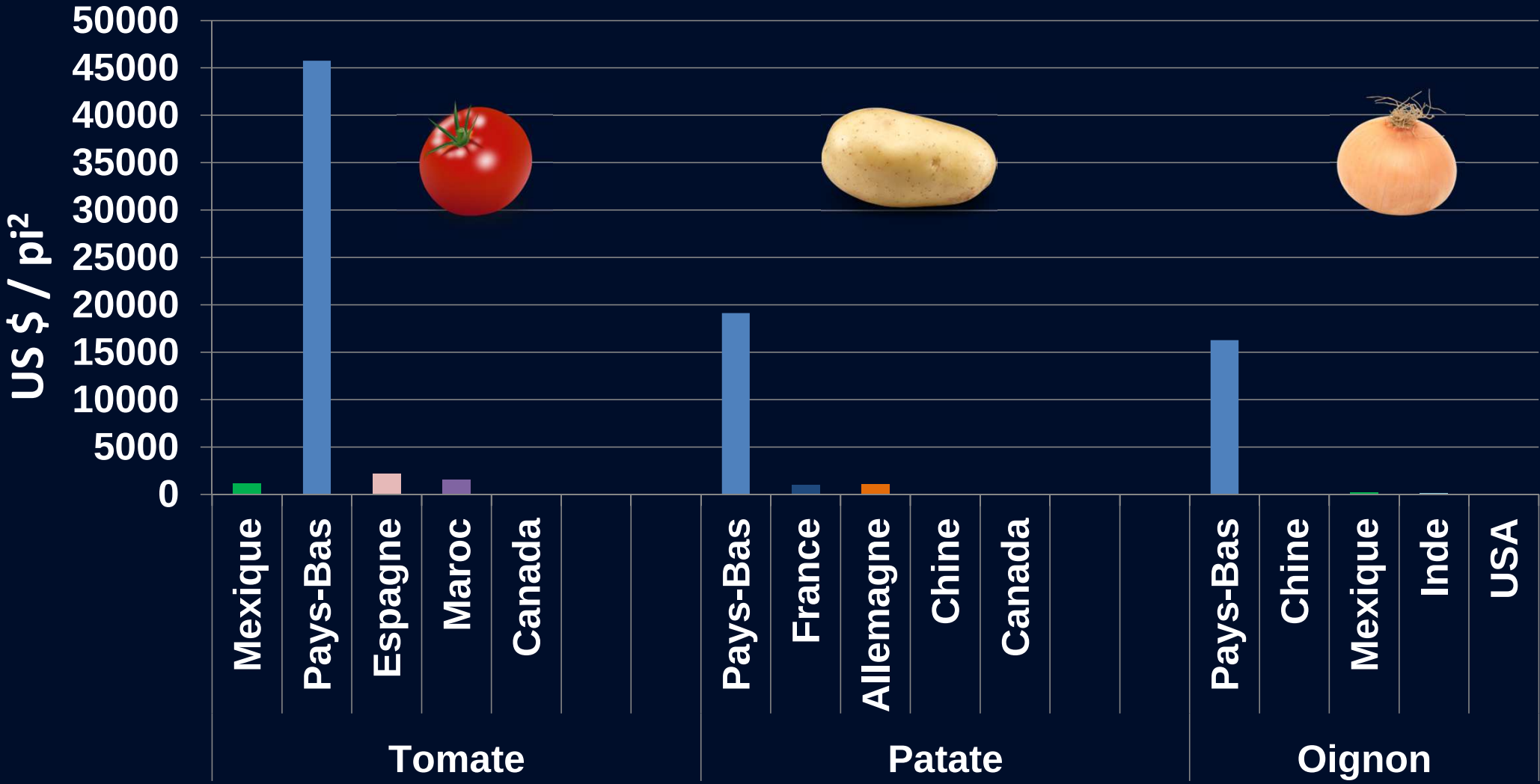


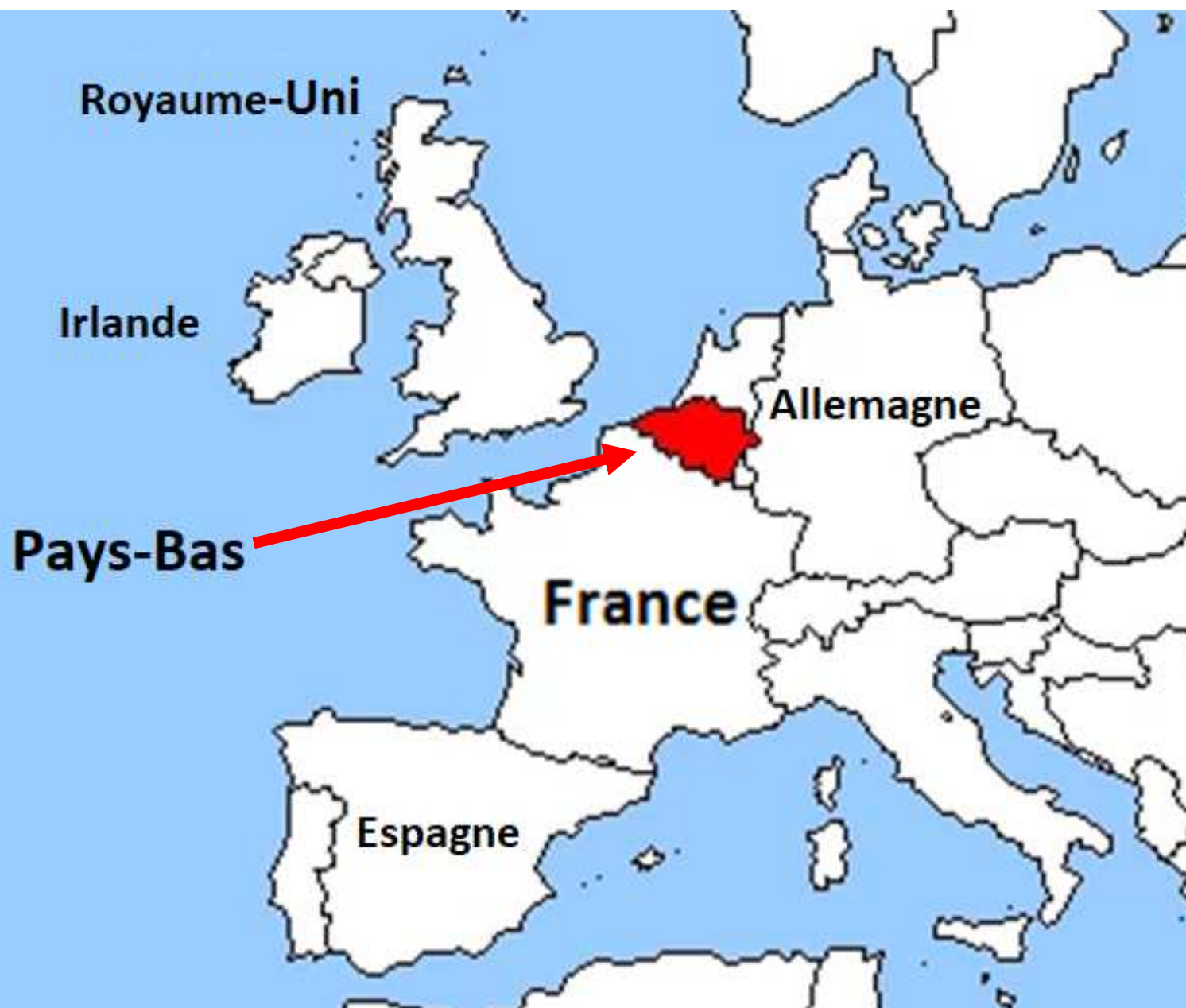
Mais pourquoi?

Qui sont les meilleurs exportateurs d'aliments au monde?



Qui sont les meilleurs exportateurs d'aliments au monde?





52^e parallèle nord

**Pays-Bas:
41 543 km²**

**Ontario:
917 741 km²**

**Québec:
1 542 056 km²**

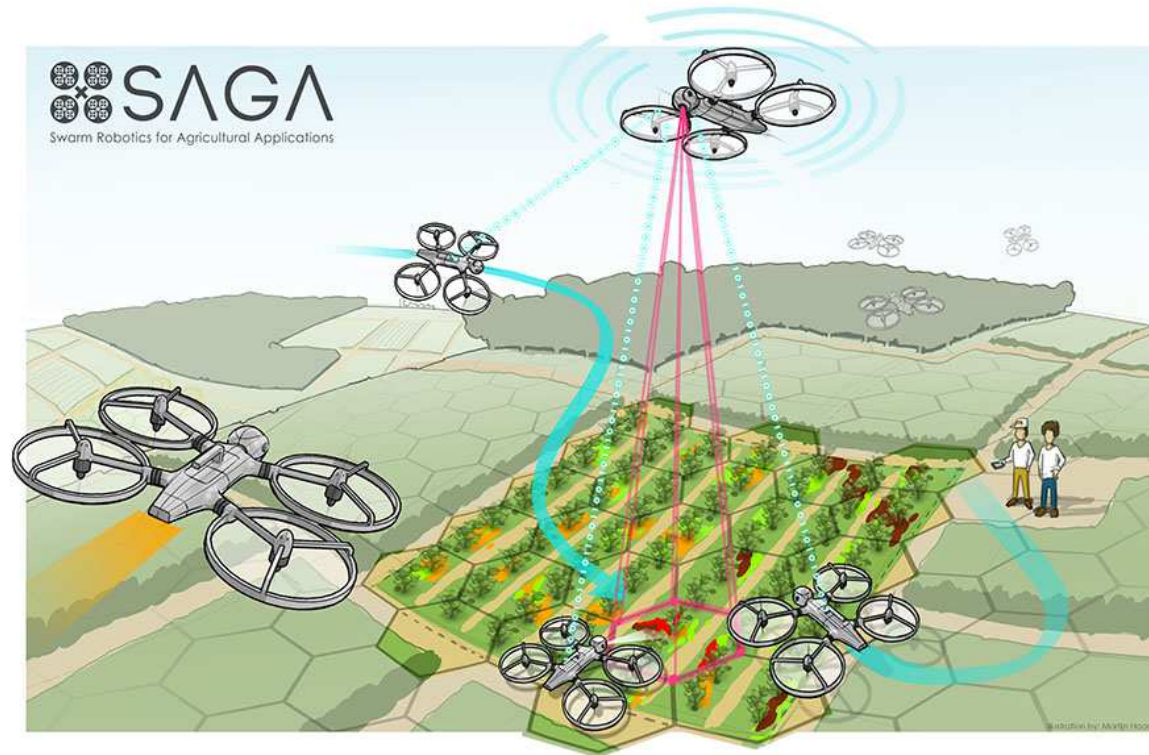
Beaucoup de recherches et avancements technologiques



Atlas Building – WUR Campus



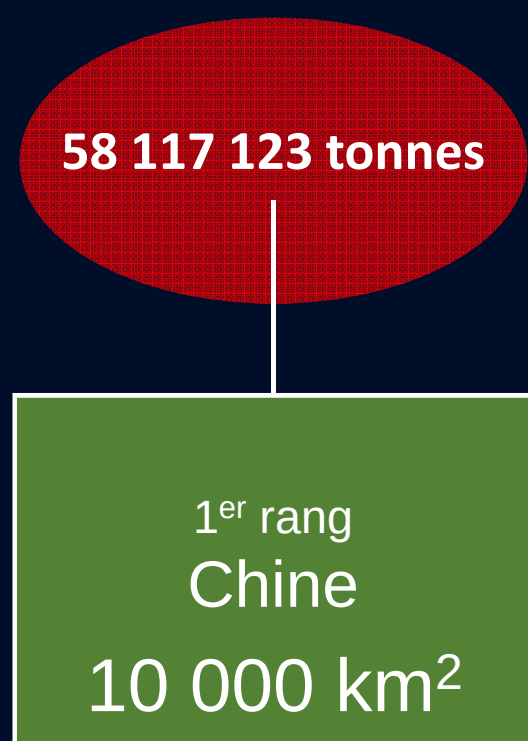
Beaucoup de recherches et avancements technologiques



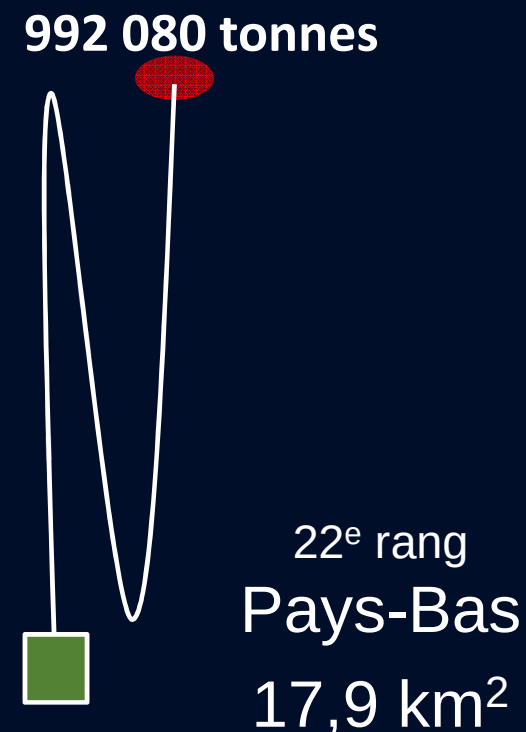
SAGA: Swarm Robotics for Agricultural Applications

Qui sont les meilleurs producteurs alimentaires au monde?

La tomate est cultivée dans le monde entier, la Chine, l'Inde et les États-Unis se classant parmi les trois principaux pays producteurs de tomates au monde.



X 10
Rendement



Les installations dotées d'un contrôle climatique permettent au monde entier de devenir des leaders de la culture



C'est assez clair... cultivons des tomates!

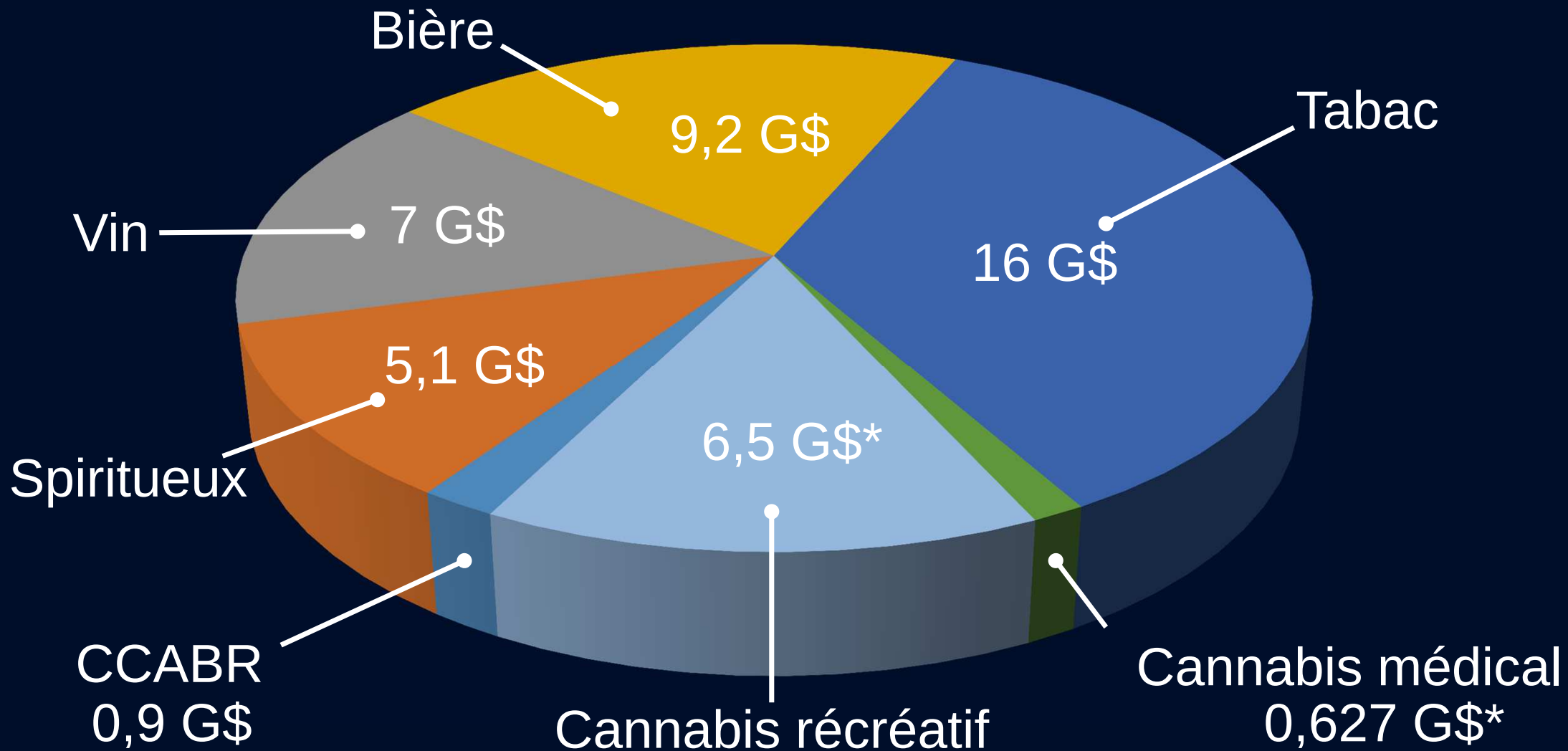




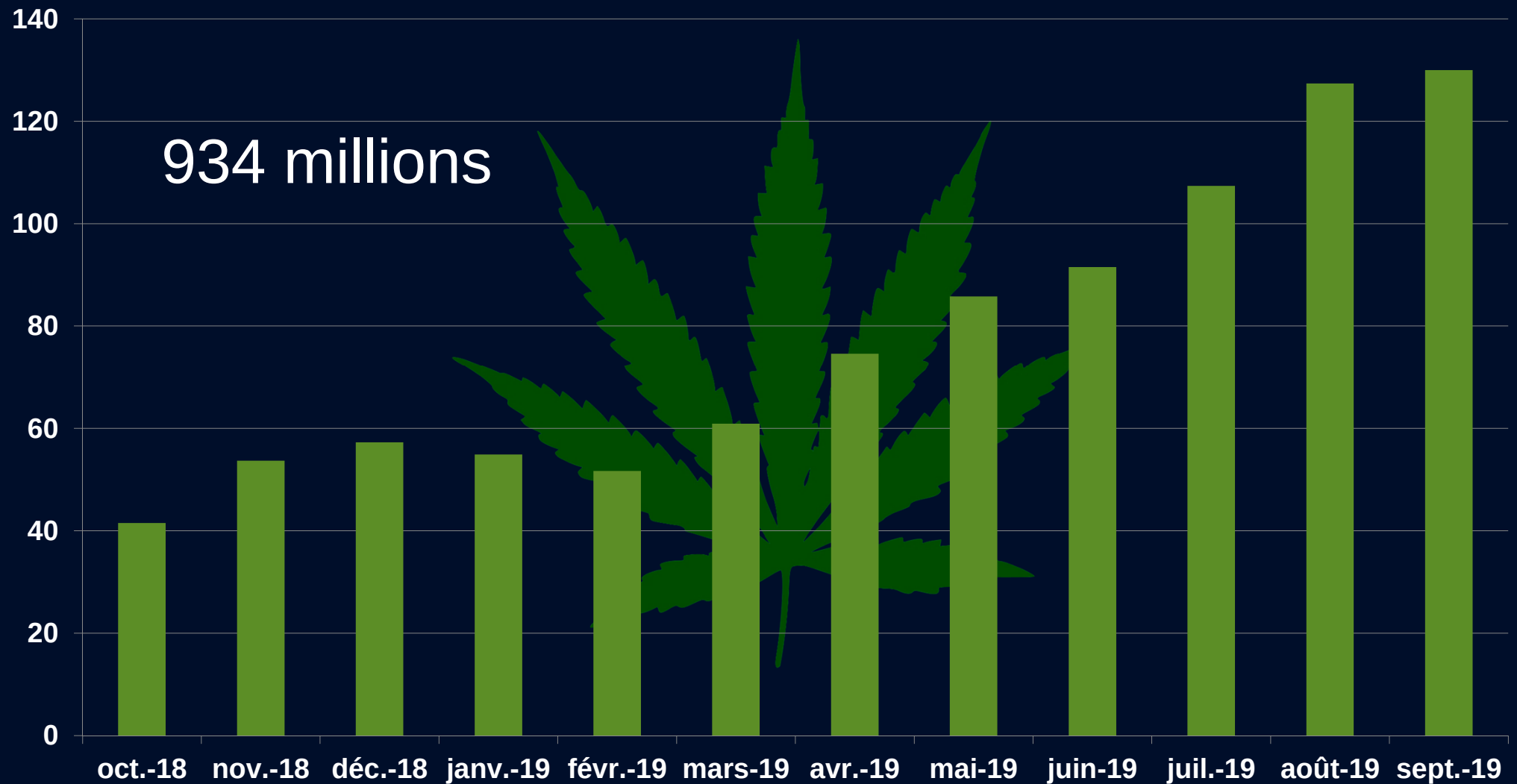
Les avantages de cultiver à l'intérieur

Qualité supérieure du produit
Non gouverné par les saisons
En opération l'année durant
Rien de naturel !!!

Le marché du cannabis à la veille du 17 octobre 2018



Le marché du cannabis à ce jour...



Les contraintes et défis

Producteurs

Points de vente

**Marché du
Cannabis**

Santé Canada

Consommateurs

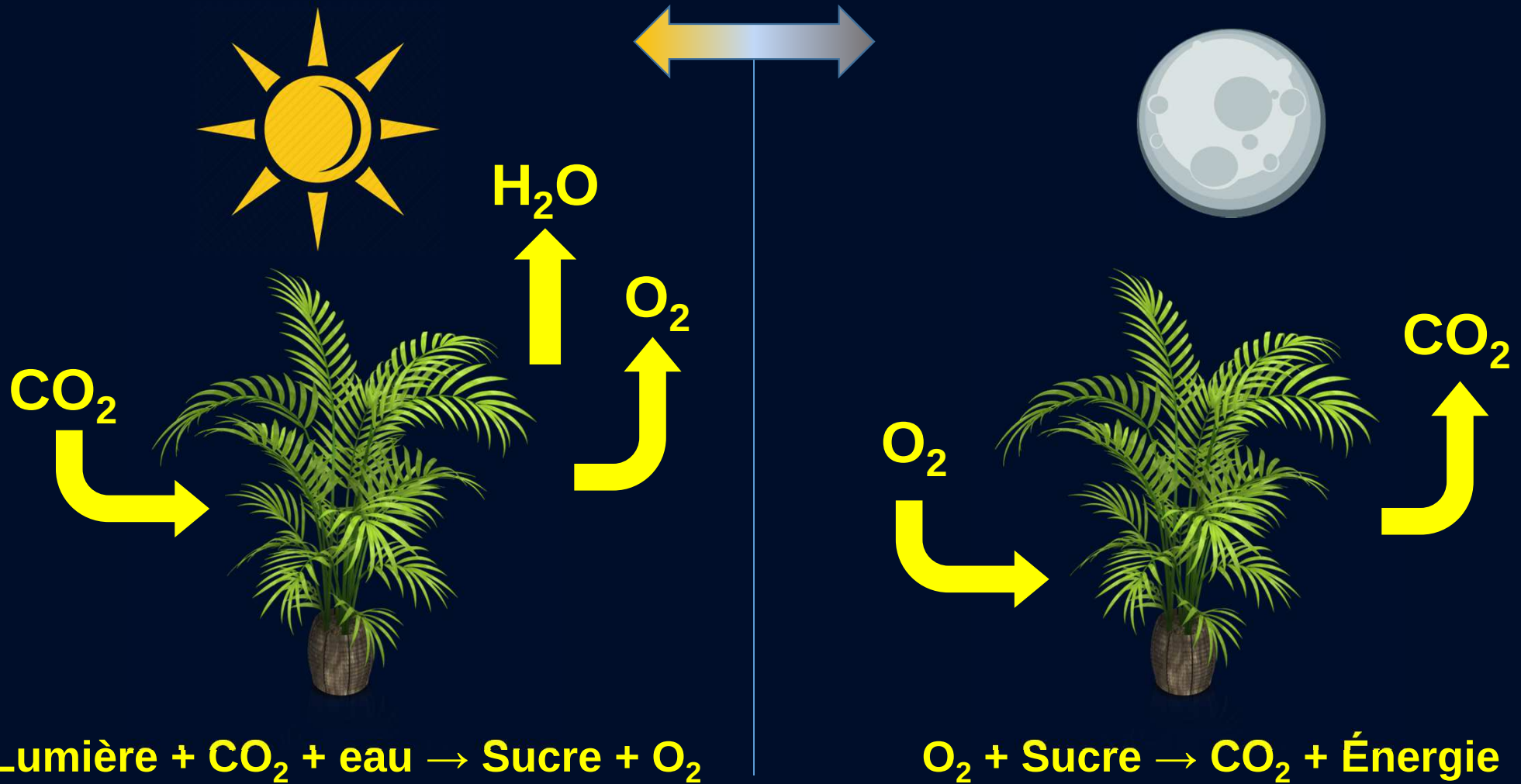


Qu'ont-ils négligé?

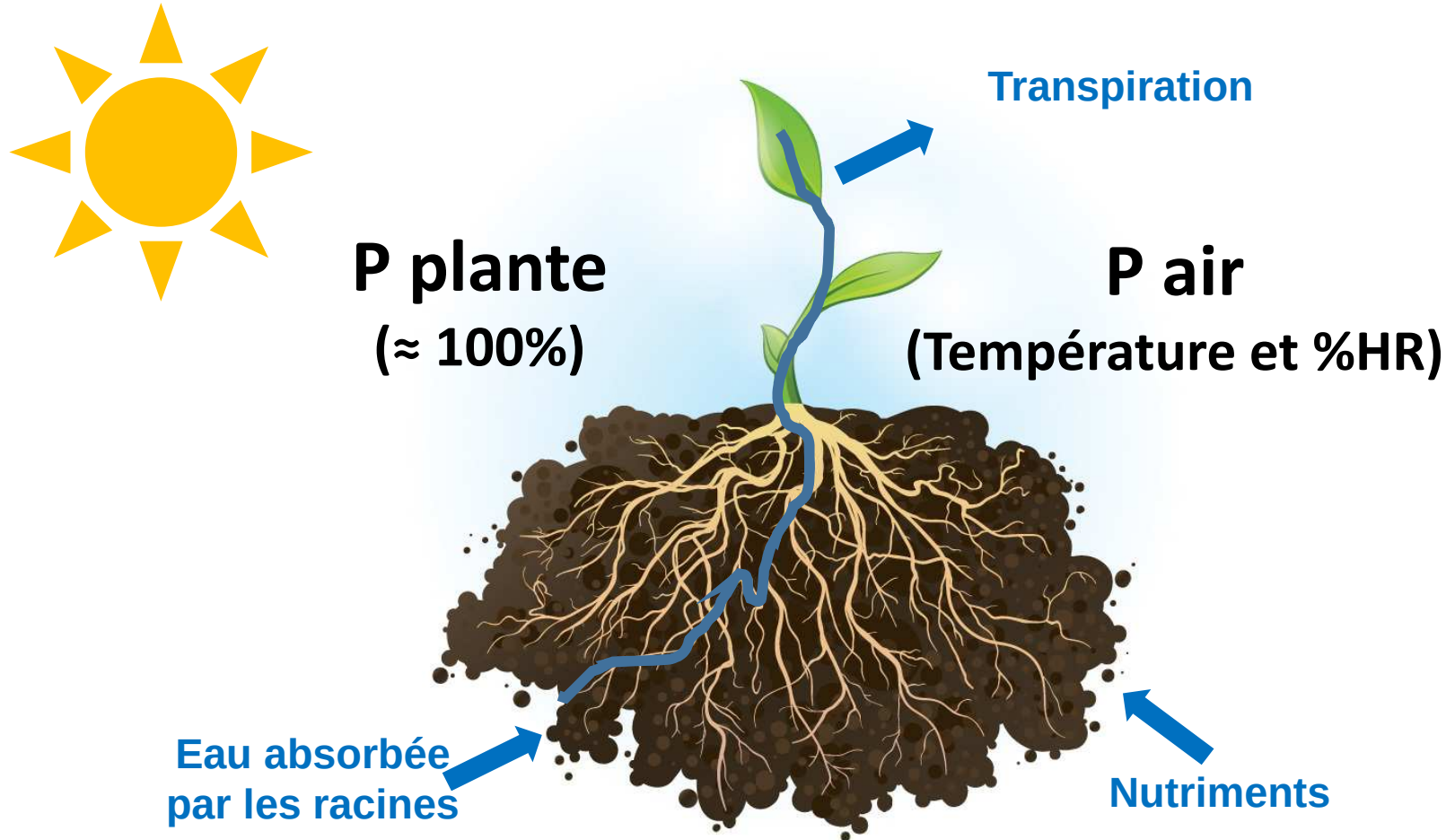
Retrouver le meilleur de la plante



Cycle de vie d'une plante



Pourquoi les plantes transpirent-elles ?



Déficit en pression de vapeur – VPD (kPa)

Température		Humidité relative de la pièce (% HR)																		
°C	°F	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0
13	55	-0,1	-0,03	0,047	0,122	0,196	0,271	0,345	0,42	0,495	0,569	0,644	0,719	0,793	0,868	0,942	1,017	1,092	1,166	1,241
14	57	-0,11	-0,03	0,052	0,132	0,211	0,291	0,371	0,45	0,53	0,609	0,689	0,769	0,848	0,928	1,008	1,087	1,167	1,246	1,326
15	59	-0,11	-0,03	0,058	0,143	0,225	0,312	0,397	0,482	0,567	0,652	0,737	0,822	0,907	0,992	1,077	1,162	1,246	1,331	1,416
16	61	-0,12	-0,03	0,064	0,155	0,243	0,335	0,426	0,516	0,607	0,697	0,788	0,879	0,969	1,059	1,15	1,24	1,331	1,421	1,512
17	63	-0,12	-0,03	0,07	0,17	0,263	0,359	0,456	0,552	0,649	0,745	0,841	0,938	1,034	1,131	1,227	1,324	1,42	1,517	1,613
18	64	-0,13	-0,03	0,077	0,185	0,282	0,385	0,488	0,593	0,693	0,796	0,896	1,001	1,104	1,207	1,309	1,412	1,515	1,618	1,72
19	66	-0,13	-0,03	0,084	0,199	0,303	0,412	0,52	0,627	0,734	0,839	0,943	1,068	1,177	1,287	1,396	1,506	1,615	1,724	1,834
20	68	-0,14	-0,02	0,09	0,21	0,325	0,441	0,557	0,674	0,79	0,905	1,023	1,139	1,258	1,372	1,488	1,604	1,721	1,837	1,953
21	70	-0,15	-0,02	0,1	0,225	0,349	0,472	0,596	0,72	0,841	0,961	1,091	1,22	1,348	1,462	1,585	1,709	1,833	1,956	2,08
22	72	-0,15	-0,02	0,111	0,242	0,373	0,506	0,636	0,768	0,896	1,031	1,162	1,298	1,425	1,556	1,688	1,819	1,951	2,082	2,214
23	73	-0,16	-0,02	0,121	0,26	0,4	0,547	0,679	0,815	0,949	1,098	1,23	1,377	1,517	1,657	1,796	1,936	2,076	2,215	2,355
24	75	-0,17	-0,02	0,131	0,28	0,428	0,572	0,724	0,869	1,021	1,169	1,319	1,466	1,614	1,762	1,911	2,059	2,208	2,354	2,504
25	77	-0,17	-0,02	0,143	0,3	0,458	0,615	0,772	0,929	1,087	1,244	1,404	1,559	1,717	1,874	2,031	2,189	2,346	2,504	2,661
26	79	-0,18	-0,01	0,155	0,322	0,489	0,656	0,82	0,989	1,157	1,327	1,499	1,658	1,825	1,992	2,159	2,326	2,492	2,66	2,827
27	81	-0,19	-0,01	0,168	0,345	0,522	0,699	0,875	1,054	1,231	1,41	1,585	1,762	1,939	2,116	2,293	2,47	2,647	2,824	3,001
28	82	-0,19	-0,01	0,182	0,37	0,558	0,745	0,93	1,121	1,306	1,49	1,684	1,871	2,059	2,247	2,435	2,622	2,81	2,998	3,185
29	84	-0,2	-0	0,197	0,396	0,595	0,794	0,993	1,192	1,39	1,589	1,788	1,987	2,186	2,385	2,584	2,782	2,981	3,18	3,379
30	86	-0,21	0,003	0,213	0,424	0,635	0,845	1,056	1,266	1,477	1,688	1,898	2,109	2,319	2,53	2,739	2,951	3,162	3,372	3,583
31	88	-0,22	0,007	0,23	0,453	0,676	0,899	1,122	1,345	1,568	1,791	2,014	2,237	2,46	2,683	2,905	3,129	3,352	3,575	3,798
32	90	-0,22	0,013	0,249	0,485	0,72	0,956	1,192	1,428	1,664	1,9	2,136	2,372	2,608	2,844	3,08	3,316	3,551	3,787	4,023
33	91	-0,23	0,018	0,268	0,517	0,767	1,017	1,266	1,516	1,765	2,015	2,264	2,514	2,763	3,013	3,262	3,512	3,761	4,011	4,261
34	93	-0,24	0,025	0,289	0,552	0,816	1,08	1,344	1,608	1,872	2,135	2,399	2,663	2,927	3,191	3,455	3,718	3,982	4,246	4,51
35	95	-0,25	0,032	0,31	0,589	0,868	1,147	1,426	1,705	1,983	2,262	2,541	2,82	3,099	3,378	3,656	3,935	4,214	4,493	4,772
36	97	-0,26	0,039	0,334	0,628	0,923	1,217	1,512	1,807	2,101	2,396	2,69	2,985	3,279	3,574	3,869	4,163	4,458	4,752	5,047

ZONE DANGER

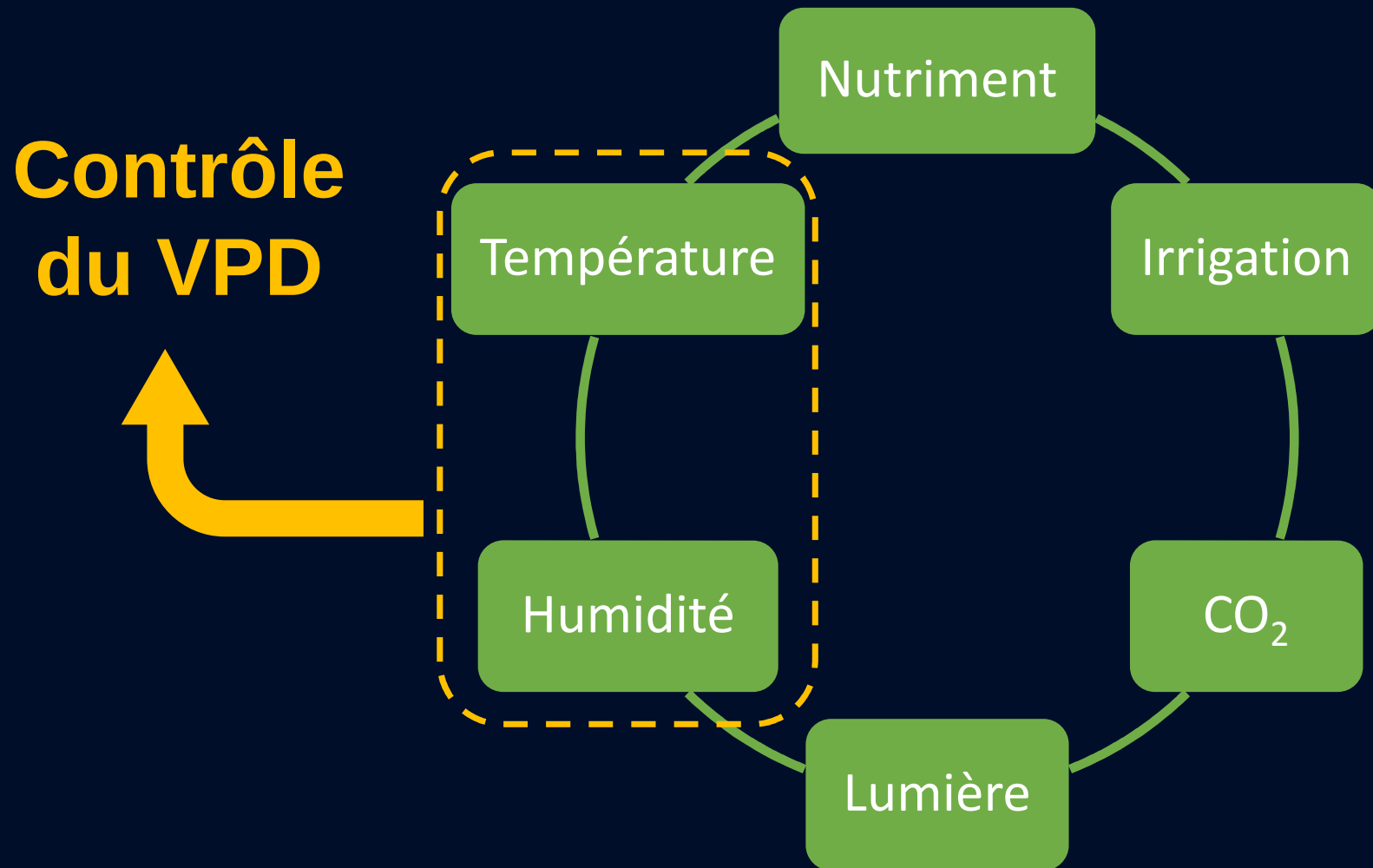
PROPAGATION

FIN VEG / DÉBUT FLORAISON

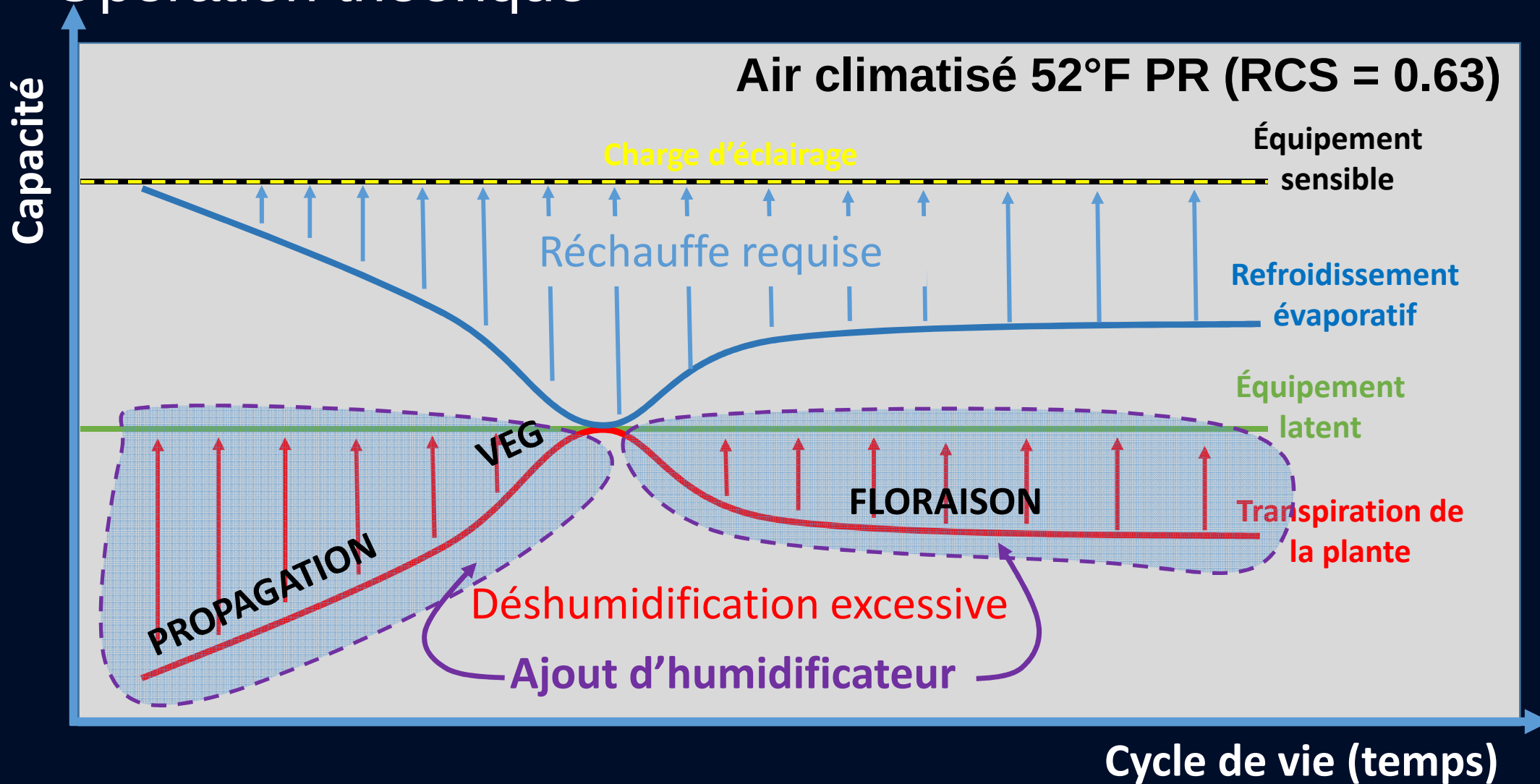
MI À FIN FLORAISON

ZONE DANGER

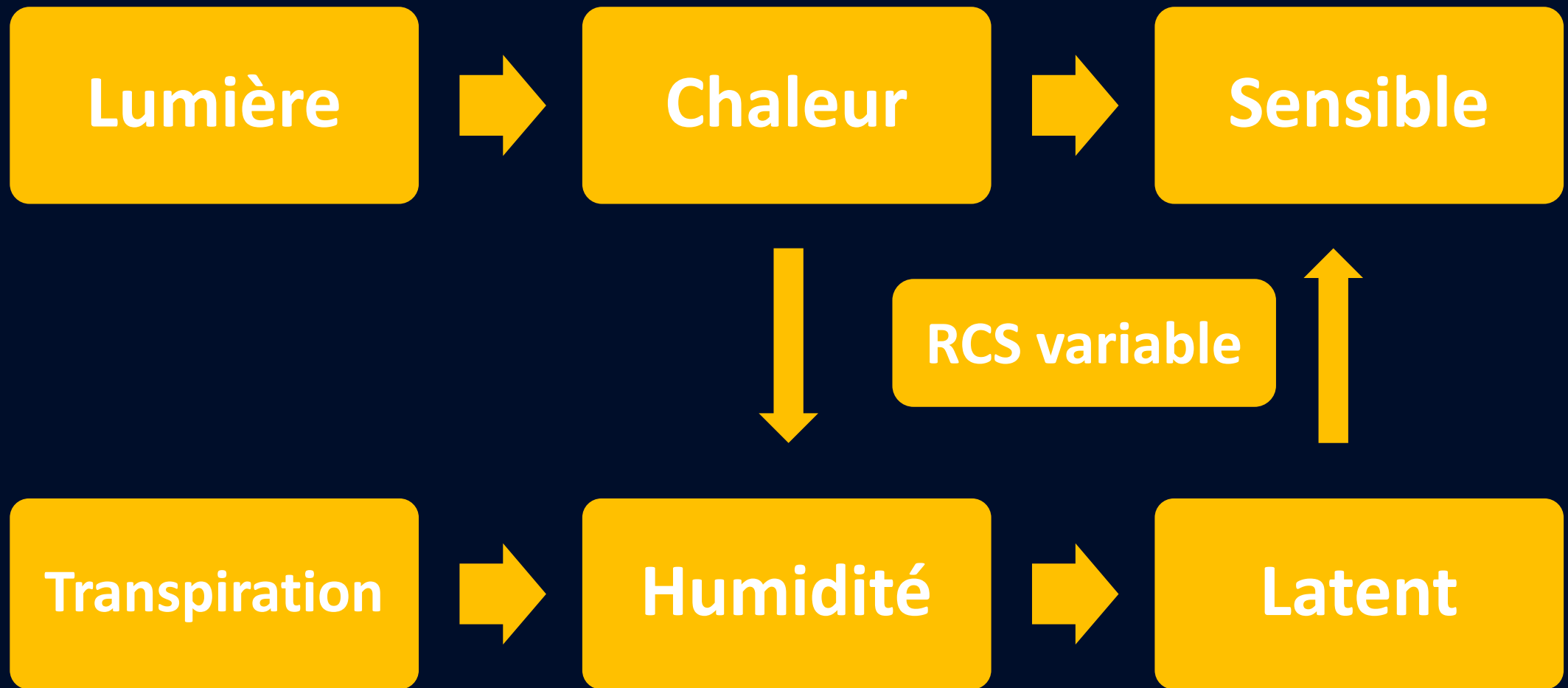
Comment multiplier le rendement par 10?



Opération théorique



La variation du ratio de chaleur sensible



Comment choisir les bonnes conditions

Valeur de VPD (kPa)	MIN	MAX
Propagation	0,4	0,8
Fin VEG / Début Floraison	0,8	1,2
Mi à fin floraison	1,2	1,6

Début cycle de Floraison (Semaine 1-2)	Mi - Cycle de floraison (Semaine 3-6)	Fin du cycle de floraison (Semaine 6-12)
0,95	1,2	1,4

Déficit en pression de vapeur – VPD (kPa)

Température		Humidité relative de la pièce (% HR)								
°C	°F	65	60	55	50	45	40	35	30	25
18	64	0.363	0.466	0.569	0.671	0.774	0.877	0.979	1.082	1.185
19	66	0.389	0.499	0.608	0.717	0.827	0.936	1.045	1.154	1.264
20	68	0.417	0.533	0.65	0.766	0.882	0.998	1.115	1.231	1.347
21	70	0.446	0.57	0.694	0.817	0.941	1.065	1.188	1.312	1.436
22	72	0.478	0.609	0.74	0.872	1.003	1.135	1.266	1.398	1.529
23	73	0.511	0.65	0.79	0.93	1.069	1.209	1.348	1.488	1.628
24	75	0.546	0.694	0.842	0.991	1.139	1.287	1.435	1.584	1.732
25	77	0.583	0.74	0.898	1.055	1.212	1.37	1.527	1.685	1.842
26	79	0.622	0.789	0.956	1.123	1.29	1.457	1.624	1.791	1.958
27	81	0.664	0.841	1.018	1.195	1.372	1.549	1.726	1.903	2.08
28	82	0.708	0.895	1.083	1.271	1.459	1.646	1.834	2.022	2.209
29	84	0.754	0.953	1.152	1.351	1.55	1.749	1.947	2.146	2.345

Que fait le VPD ???

Influence la
respiration
de la plante

Choix du
VPD évite de
stresser la
pante

Transpiration
régule la
température de
la plante

Température
de la feuille
influence la
transpiration

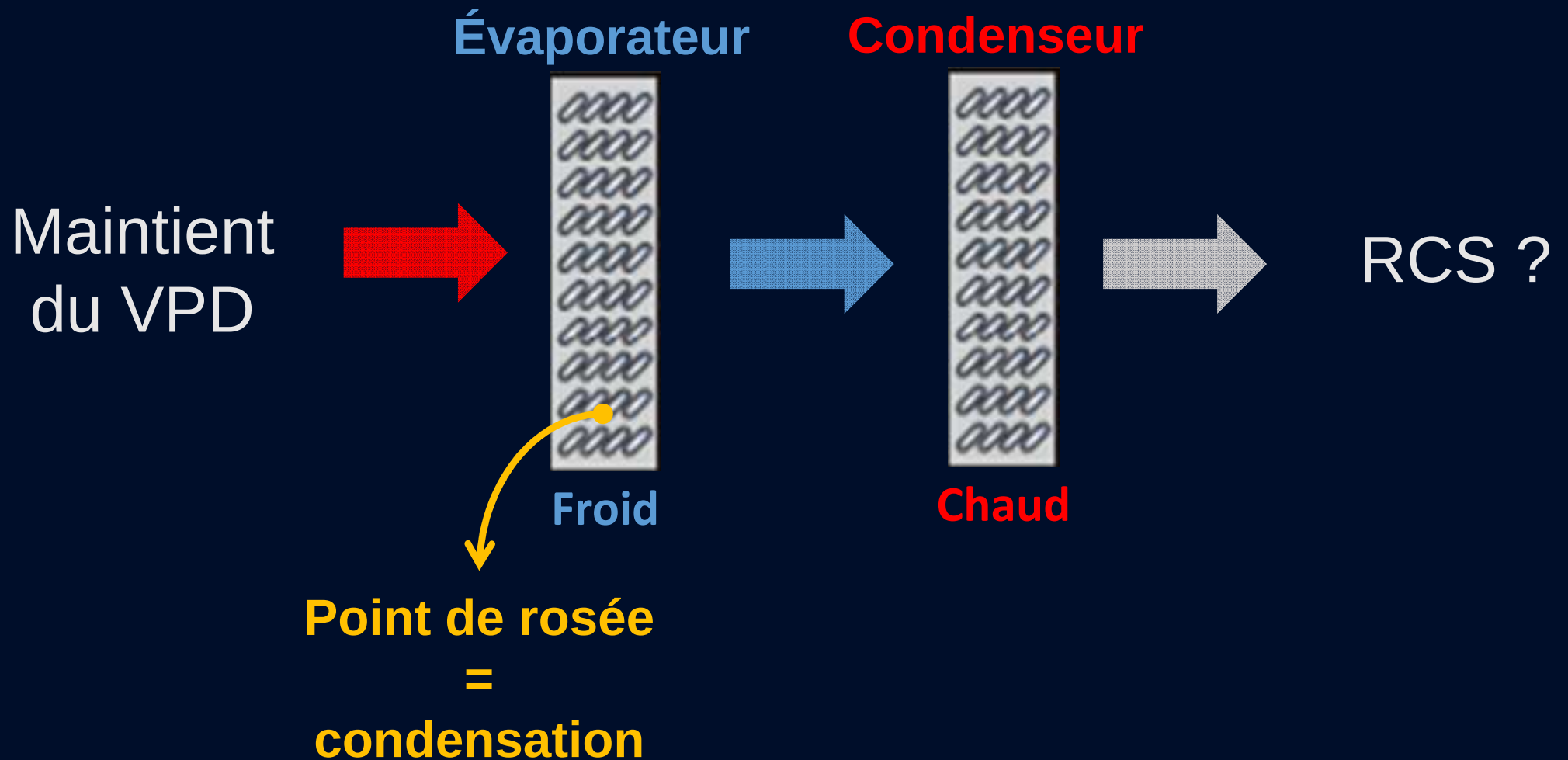
Paramètres de conception – Floraison

Type de salle	Floraison
Nombre de plante	800
Irrigation	1.15 L/jour par plante
	DEL
Nombre de lumière	112
Puissance	630 watts/lumière
Superficie de la salle	1850 pi.ca.
Nombre d'étage	1
Total	1850 pi.ca.
Période de jour	12 hr

Paramètres de conception – Floraison

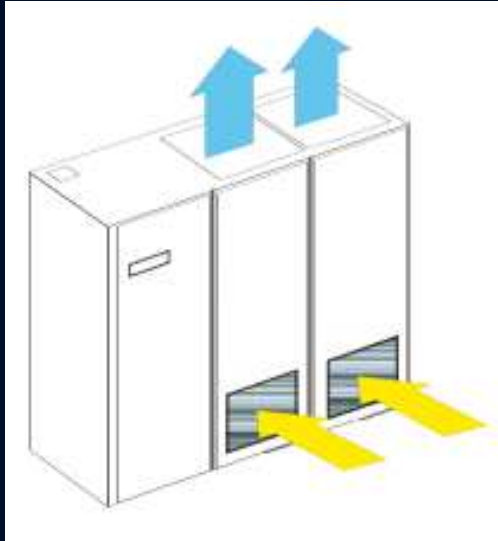
Début de cycle (Semaine 1-2)	Scénario 1	Scénario 2
Température pièce	80 °F	68 °F
Humidité relative pièce (%HR)	55 % HR	40 % HR
VPD	0.997 kPa	0.998 kPa
Charge sensible	222383 btu/hr	222383 btu/hr
Charge sensible - NET	204015 btu/hr	204015 btu/hr
Charge latente	16.9 lb/hr	16.9 lb/hr
Mi - cycle (Semaine 3-6)		
Température pièce	82 °F	72 °F
Humidité relative pièce (%HR)	50 % HR	35 % HR
VPD	1.254 kPa	1.284 kPa
Charge sensible	222383 btu/hr	222383 btu/hr
Charge sensible - NET	93807 btu/hr	93807 btu/hr
Charge latente	118.0 lb/hr	118.0 lb/hr
Fin du cycle (Semaine 6-12)		
Température pièce	86 °F	79 °F
Humidité relative pièce (%HR)	50 % HR	40 % HR
VPD	1.435 kPa	1.467 kPa
Charge sensible	222383 btu/hr	222383 btu/hr
Charge sensible - NET	38703 btu/hr	38703 btu/hr
Charge latente	169 lb/hr	169 lb/hr

Opération avec une machine avec DX



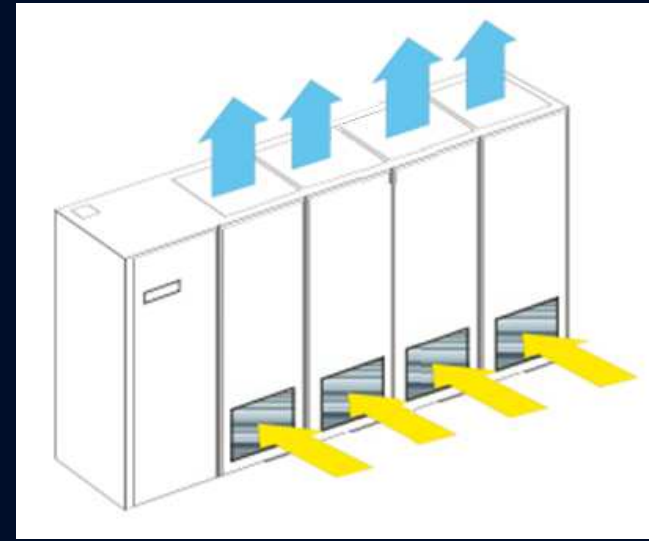
Résultats

Scénario 1



10 000 cfm / 2 ventilateurs / 7,2 kW
2 x compresseurs VFD scroll /
ZP182KCE – 29,6 kW
Capacité totale 392 800 btu/hr
Capacité sensible 228 800btu/hr
Déshumidification 170 lb/hr

Scénario 2



24 000cfm / 4 ventilateurs / 14,4 kW
2 x compresseurs VFD Scroll /
ZP485KCE – 78,8 kW
Capacité totale 718 200btu/hr
Capacité sensible 553 300 btu/hr
Déshumidification 170 lb/hr

Mise en garde pour la nuit



Refroidissement
adiabatique

Réduction de la
transpiration

Baisse de la
température

Baisse du VPD

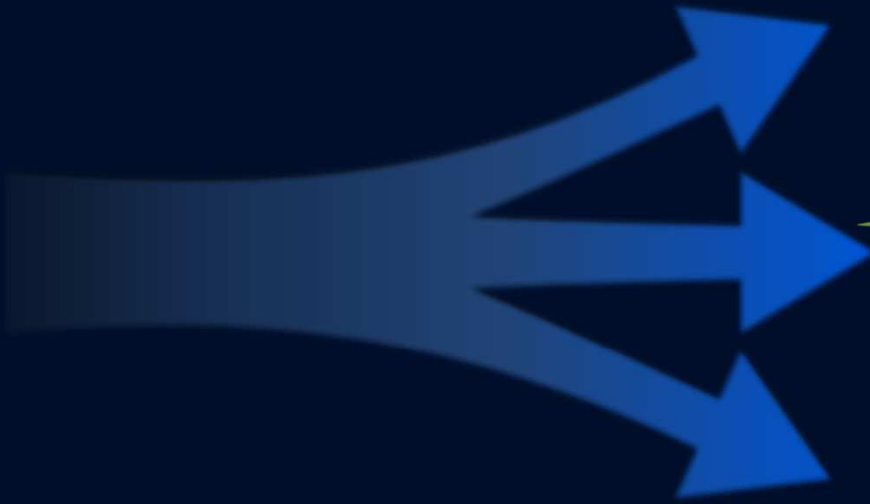
Distribution optimale de l'air



Brûlures par le vent = Stress

Distribution optimale de l'air

Vitesse excessive

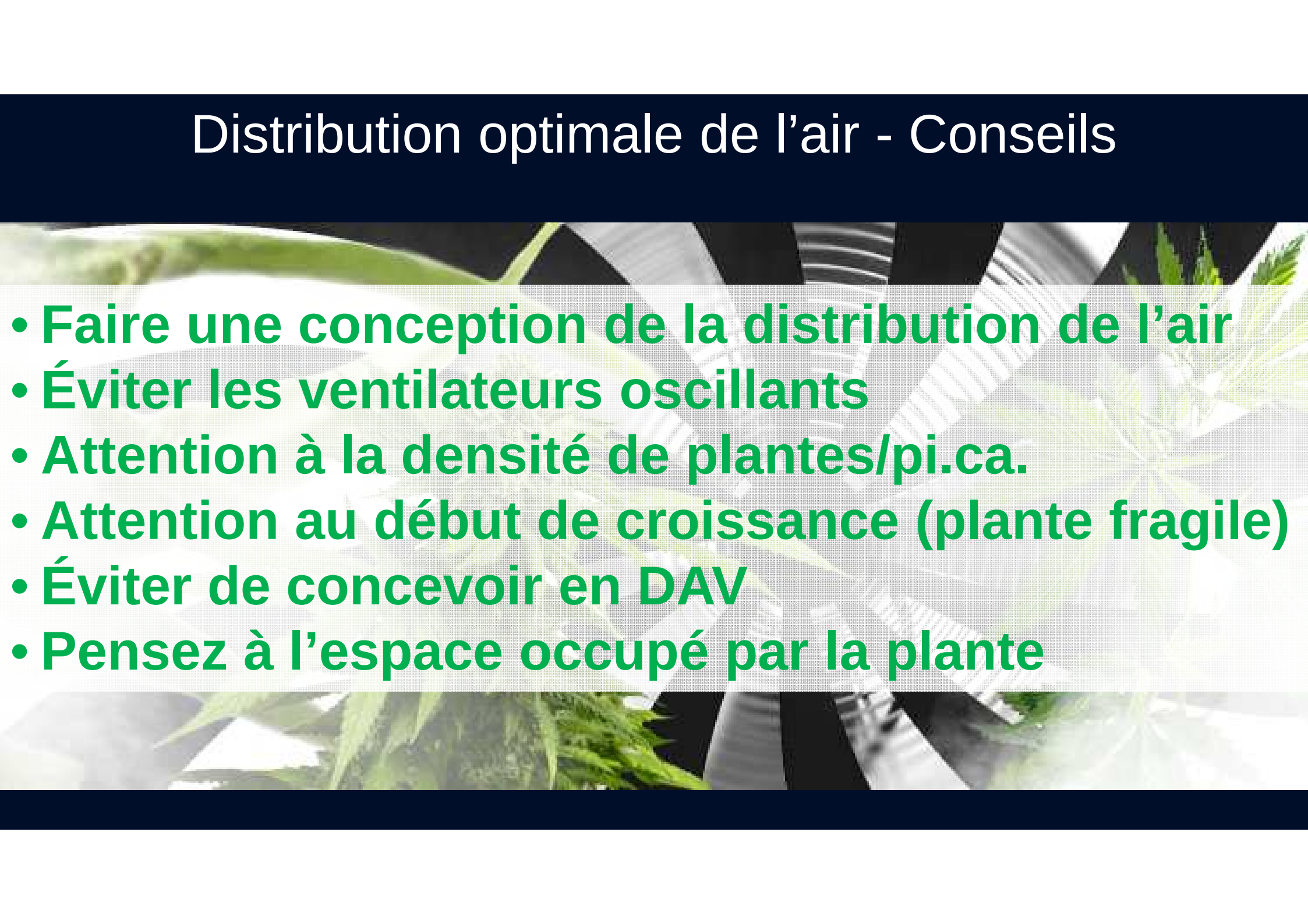


Active la
transpiration

Comment prévenir les brûlures par le vent ?



Distribution optimale de l'air - Conseils

- 
- Faire une conception de la distribution de l'air
 - Éviter les ventilateurs oscillants
 - Attention à la densité de plantes/pi.ca.
 - Attention au début de croissance (plante fragile)
 - Éviter de concevoir en DAV
 - Pensez à l'espace occupé par la plante

La bonne solution pour distribuer l'air



Les normes et ouvrages de référence

UL 4402 - INDOOR AIR QUALITY IN BUILDINGS AND FACILITIES UTILIZED FOR THE CULTIVATION, PRODUCTION AND PROCESSING OF CANNABIS

ASHRAE - Comité technique

ASHRAE 62.1-2016 couvre maintenant les cigarettes électroniques et le cannabis

Denver Environmental Health - ENVIRONMENTAL BEST MANAGEMENT PRACTICES GUIDE

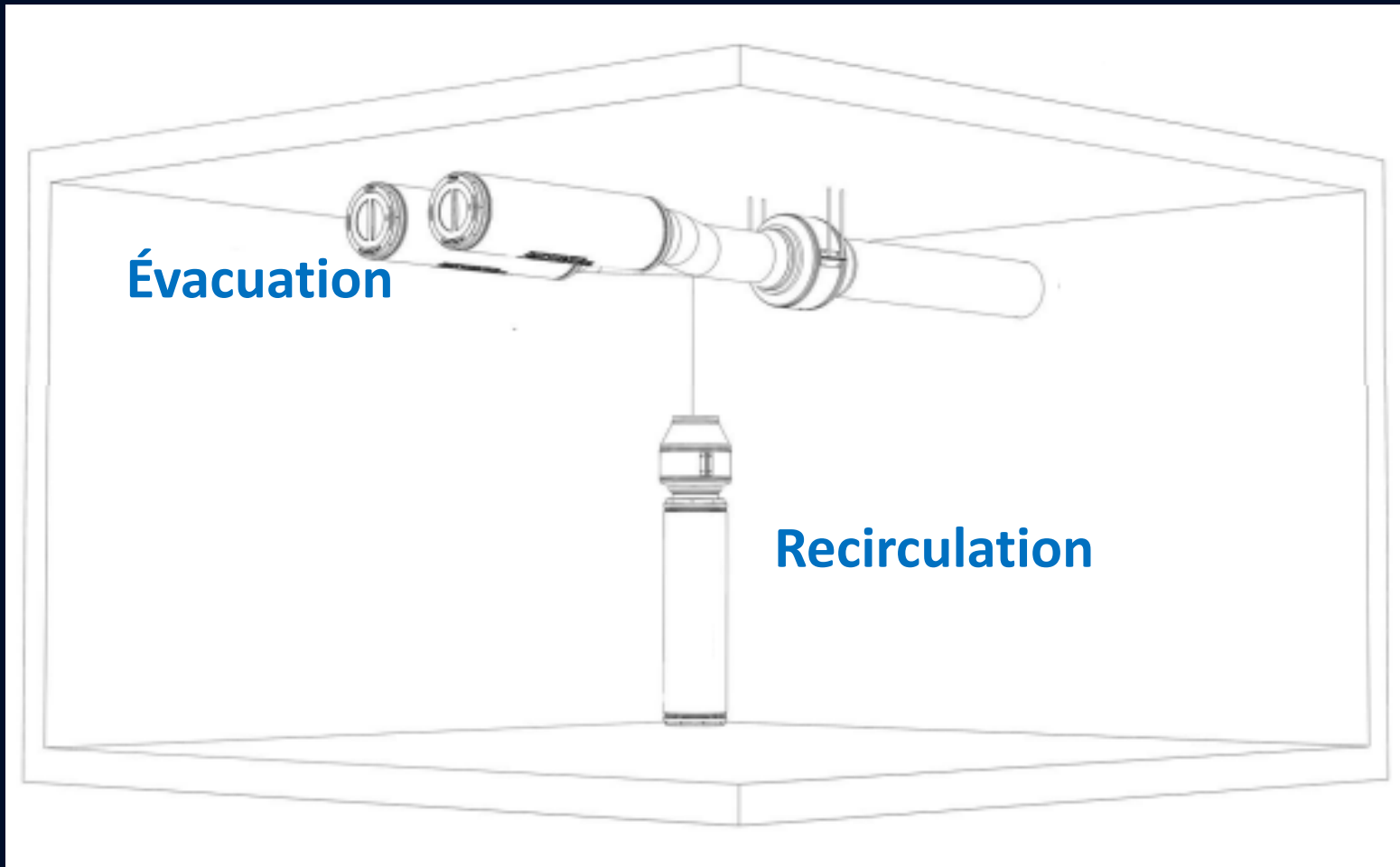
Canada - Règlement sur le cannabis

Canada - Règlement sur le cannabis

Système de filtration de l'air

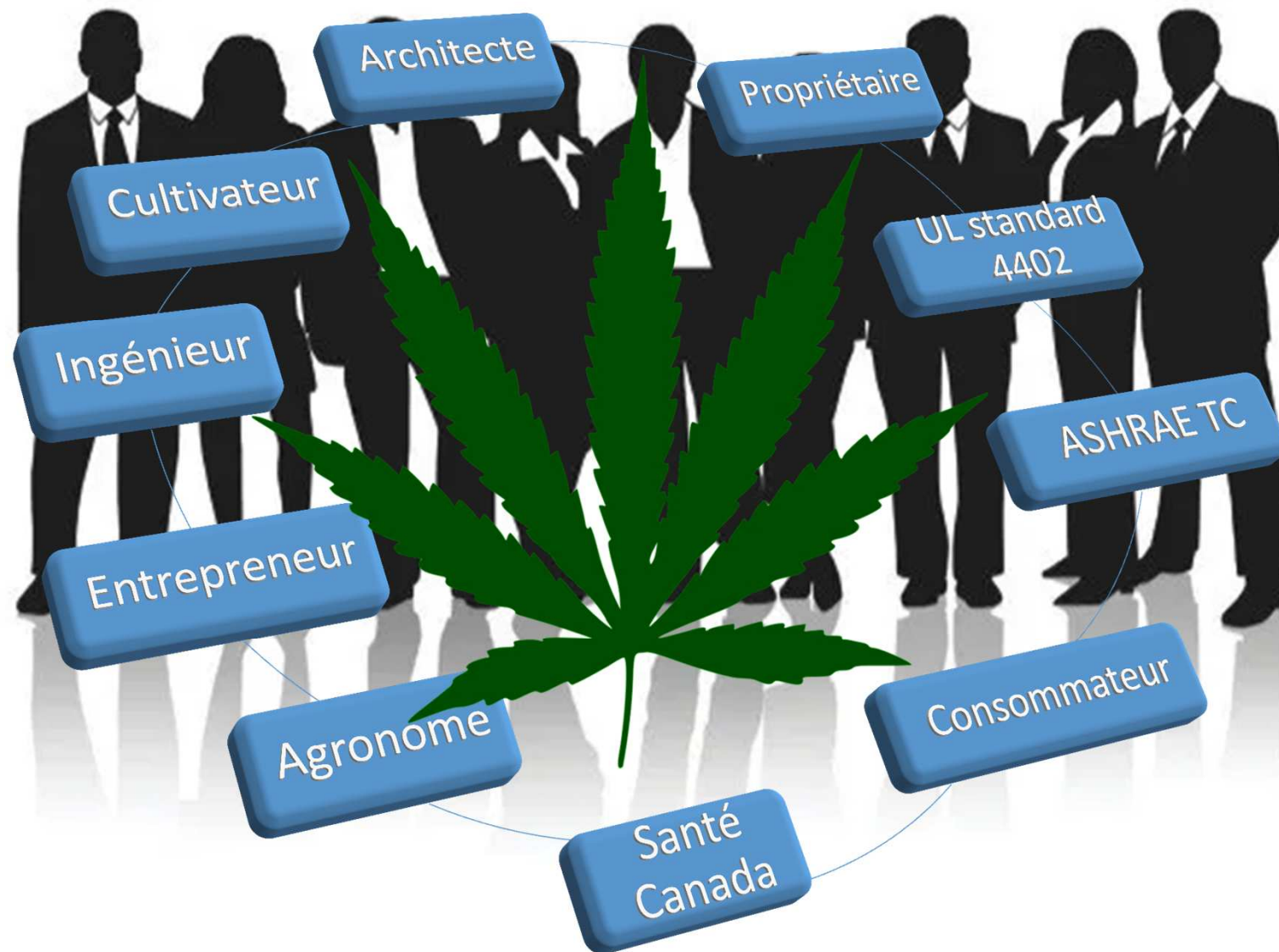
85 Le bâtiment ou la partie de bâtiment où est produit, emballé, étiqueté et entreposé le cannabis doit être équipé d'un système de filtration de l'air qui empêche les odeurs de s'échapper.

Filtration d'odeurs



Exemples de considérations

- Alarme advenant un niveau trop élevé de CO₂
- Purge d'air advenant une concentration mortelle de CO₂
- Pressurisation positive des salles de croissance
- Filtration en phase gazeuse de l'air évacué
- Filtration de l'apport d'air de compensation
- Filtration de l'air circulé (UV – particule – gaz)



Merci

Questions ?

Enrico Di Pietro, ing.