

D. STENUIT

Directeur du Service Pédologique de Belgique

et

R. PIOT

Assistant au Service Pédologique de Belgique.

**Recherches concernant l'apparition
d'une coloration bleu-noirâtre des plantes
dans les forceries de chicorée-witloof**

Extrait de la « Revue de l'Agriculture »

4^{me} Année — Numéro 3 — Mars 1951

Recherches concernant l'apparition d'une coloration bleu-noirâtre des plantes, dans les forceries de chicorée-witloof

D. STENUIT

Directeur du Service
Pédagogique de Belgique

par

et

R. PIOT

Assistant au Service
Pédagogique de Belgique

I. — DESCRIPTION ET IMPORTANCE

La coloration bleue des plantes de chicorée-witloof apparaît très communément dans la région des forceries entre Louvain, Bruxelles et Malines. La chicorée-witloof, au lieu d'avoir une couleur blanche dorée présente un reflet bleuâtre. Quantitativement, la production ne souffre que très peu ou même pas du tout de cette coloration, mais la qualité du produit obtenu est amoindrie, ce qui entraîne une dépréciation commerciale considérable.

En fait, la coloration bleuâtre de la chicorée-witloof n'est pas causée par un micro-organisme quelconque (champignon ou bactérie), mais bien par un dépérissement des cellules.

Dans la pratique, nous avons pu constater que la coloration se produit le plus souvent sur des terres qui sont employées depuis peu pour la forcerie. Elle se produit aussi bien en terrain sablonneux qu'en terrain limoneux.

Dans la littérature, on parle fort peu de cette coloration. Un journal agricole du 15-10-49 signale : « La coloration bleuâtre de la chicorée-witloof a très souvent son origine dans une mauvaise couverture des couches. Nous déconseillons donc l'emploi de vieux limons ou d'un matériel de couverture étanche ; ceux-ci sont lourds et ne permettent pas l'aération. Le fumier de ferme est à déconseiller également quoique celui-ci soit employé communément dans certaines contrées. Comme couverture de couche il faudra donc employer de préférence une couverture légère ; parmi celles-ci la paille d'avoine est la meilleure. De cette façon, les vapeurs pourront être évacuées et l'air pourra pénétrer plus facilement. Les racines cultivées dans une terre présentant une déficience en potasse et en acide phosphorique, mais un excès d'azote, seront plus sujettes à la coloration bleue-noirâtre ».

Nulle part, nous ne trouvons une indication exacte sur les causes de cette apparition. Avant de commencer ces recherches, nous avons cependant pu constater que ce n'est pas le sol dans lequel croît la plante, mais bien l'endroit où est effectué la forcerie, qui joue un rôle dans l'apparition de la coloration bleue. En effet, les horticulteurs mettent leur chicorée-

witloof en couches à des endroits différents. Et, alors que toutes les racines provenaient de la même parcelle, certains horticulteurs obtenaient des chicorées saines à certains endroits, alors qu'en d'autres, elles étaient colorées. Ce fait a été constaté maintes fois, ce qui justifie pleinement notre conclusion.

La plupart des horticulteurs combattent l'apparition de la coloration par l'application de quantités importantes de chaux ou de cendrées, d'autres mélangent la couche supérieure avec de l'argile alluviale lourde, d'autres encore sous-solent. Certains horticulteurs parviennent de cette façon à écarter assez rapidement le mal ; chez d'autres pourtant il perdure pendant plusieurs années. Tous les horticulteurs déclarent cependant que l'apparition de la coloration bleue se produit plus tôt si l'on chauffe assez fortement que par température moins élevée.

II. — BUT DES RECHERCHES

Nous nous sommes efforcés de rechercher quels étaient les facteurs qui causaient ou qui favorisaient l'apparition de la coloration bleue-noirâtre du witloof et comment prévenir ou combattre cette coloration dans la pratique.

III. — PROGRAMME DES RECHERCHES

Etant convaincus que nous ne devons pas orienter nos recherches vers les champs de culture mais bien vers les lieux des forceries, nous nous sommes limités à ces derniers.

Ainsi que nous le disions plus haut, certaines personnes attribuent la coloration à une cause chimique, d'autres à une cause physique du sol. Notre examen a donc porté sur ces deux groupes.

Nous avons examiné le sol de quinze exploitations employé régulièrement pour des forceries de chicorée-witloof. Dans huit de ces exploitations la chicorée-witloof était attaquée par la coloration, dans les sept autres les plantes étaient saines. Ceci peut donner une idée générale de la situation, en tenant compte toutefois que nous avons choisi les forceries les plus saines de même que les plus atteintes par la coloration. Dans chaque exploitation, nous avons examiné le profil du sous-sol et avons prélevé des échantillons des différentes couches. En même temps, nous avons noté tous les renseignements qui pouvaient être d'une utilité quelconque. Cette étude du profil forme la base des recherches sur l'influence des facteurs physiques.

Afin de pouvoir déterminer avec certitude si les différents éléments chimiques avaient quelque influence sur l'apparition de la coloration bleue-noirâtre, nous avons établi une forcerie de witloof en aquiculture.

IV. — LES RECHERCHES

A. *Recherches sur l'influence des facteurs chimiques au moyen d'une forcerie d'essai en solutions nutritives (Aquiculture).*

L'essai fut établi le 14-12-1949. Nous avons employé 38 racines d'un développement uniforme et provenant toutes d'un même champ. Ces racines furent placées dans des vases différents, les vases étant remplis d'une solution nutritive. Avant de remplir les vases, ceux-ci furent soigneusement nettoyés. La racine même fut fixée au couvercle. Celui-ci, fait

de carton paraffiné, fut perforé en plusieurs endroits pour permettre l'aération naturelle ou artificielle. L'aération artificielle fut réalisée par l'apport d'air sous pression jaillissant dans la solution. Cette aération avait lieu deux fois par jour pendant une demi-heure. Ces vases furent placés dans une cave absolument obscure mais bien aérée. La température de cette cave fut réglée entre 19 et 20° C. L'essai a duré du 14 décembre 1949 au 13 janvier 1950, soit 30 jours.

Schéma de l'essai :

Les différents vases furent numérotés de 1 à 38. L'essai fut entrepris avec les éléments suivants, chacun avec répétition : eau distillée (3 répétitions) — solution complète (3 répétitions) — sans azote — sans acide phosphorique — sans potasse — sans fer — sans bore — sans manganèse — sans fer, ni bore, ni manganèse — excès de bore — excès de fer — excès de manganèse — milieu acide — milieu neutre — milieu fortement alcalin — solution complète sans aération — solution complète avec aération partielle.

Marche générale de l'essai et résultats :

N.B. — Le but de l'essai était de voir si les différents éléments nutritifs avaient une influence quelconque sur l'apparition de la coloration. Nous nous sommes donc bornés à deux vases par élément chimique. Ceci est insuffisant cependant pour pouvoir déterminer avec certitude leur influence sur la production, mais cette intention n'était pas nôtre. Plusieurs différences étant cependant frappantes, nous avons cru intéressant de les mentionner ici.

La croissance des racines et des plantes s'opéra normalement. Après trois jours déjà nous avons pu remarquer la formation de radicelles latérales sur la vieille racine.

1. Comparaison entre l'eau distillée et la solution complète.

Les premiers jours, aucune différence ne put être remarquée. A partir du 7^e jour cependant, on pouvait remarquer que le développement des racines placées dans l'eau distillée restait stationnaire par rapport aux solutions complètes. Après 10 jours, nous pouvions noter les augmentations de poids suivantes :

pour les quatre blancs ensemble	72 g
pour les quatre solutions complètes ensemble	95 g

A partir de ce moment la différence se marque de plus en plus. Les racines placées dans des solutions nutritives complètes donnent naissance à une grande quantité de radicelles latérales. Cette formation de radicelles se faisait beaucoup plus lentement dans l'eau distillée. Le nombre de radicelles latérales était beaucoup plus restreint (voir photo 2), tandis que le plant y était également beaucoup moins développé. Après 20 jours nous avons pu noter les poids suivants :

pour les quatre blancs ensemble	155 g
pour les quatre solutions complètes ensemble	391 g

En ce qui concerne la couleur des plantes, aucune différence n'était à remarquer. Dans les deux cas, les feuilles avaient une couleur blanche dorée.

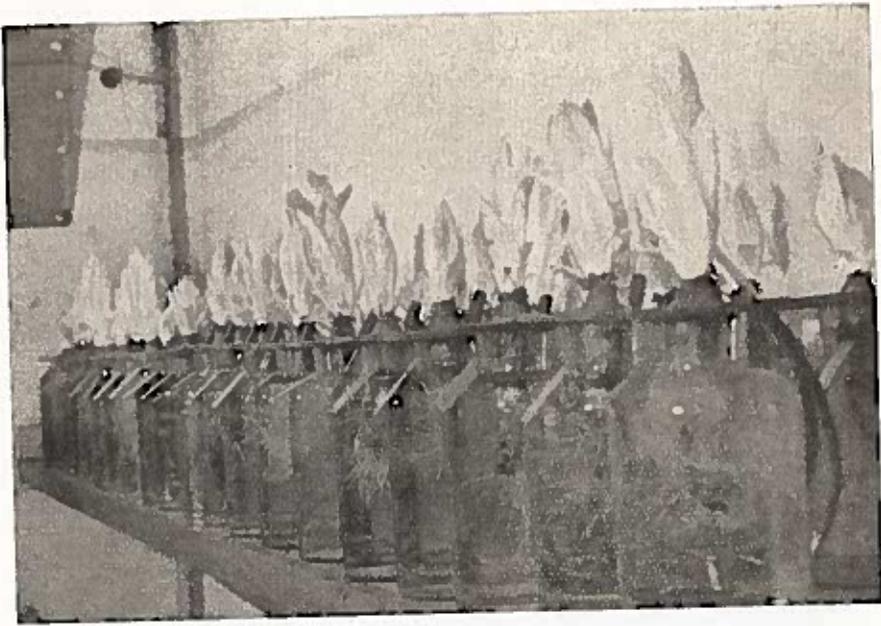


Photo 1. — Une vue du système d'aquiculture en fin d'épreuve. A remarquer les différences entre les systèmes racinaires et le développement du witloof.

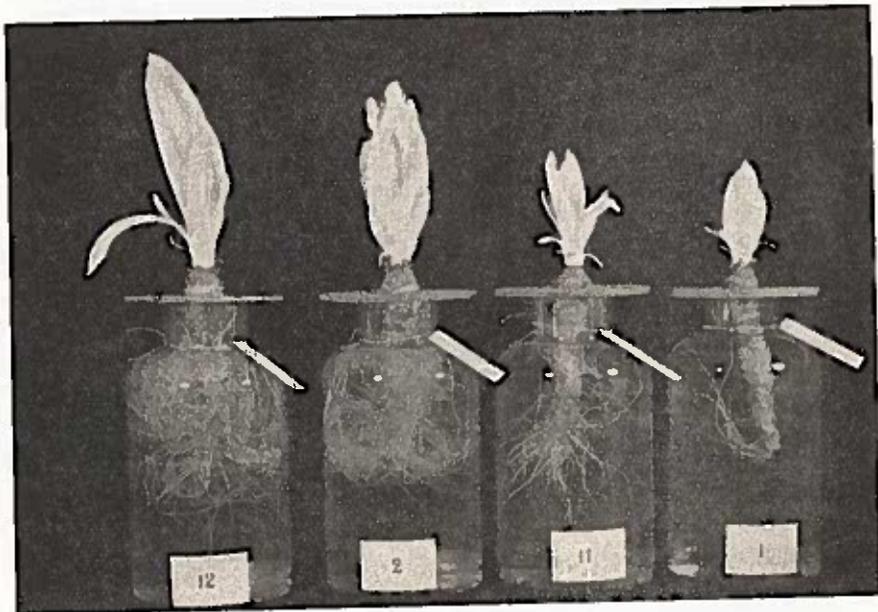


Photo 2. — Comparaison entre solution complète et eau distillée (sans éléments nutritifs).

Conclusion :

La comparaison des deux essais nous permet de conclure ce qui suit :

1) En contradiction avec ce qui est prétendu habituellement, notamment que la formation des chicorées-witloof (et par suite également la production par couche) dépend uniquement de la racine telle qu'elle croît sur le champ, nous avons pu constater que ceci n'était nullement le cas. La production de chicorée-witloof est également déterminée en grande mesure par la situation nutritive du milieu dans lequel sont placées les racines dans la forcerie. Ceci a une grande importance car, de ce fait, se pose également le problème de la fumure des couches ;

2) Nous nous étions attendus à ce que les feuilles des plants se développent en forme de palmier. En effet, les racines étaient placées loin l'une de l'autre et les feuilles des plants se développaient librement. Nous avons cependant pu constater que jusque vers la fin de l'essai, les cœurs des plants restaient bien fermés, ce qui nous permet de supposer qu'il doit être pratiquement possible de cultiver des chicorées-witloof bien conditionnées dans une forcerie en aquiculture.

2. Comparaison entre des vases avec une solution complète, bien aérés et des vases à aération nulle ou défectueuse.

Pendant les premiers jours de l'essai, aucune différence n'était à remarquer. Après 10 jours, une légère différence apparaissait perceptible seulement dans la formation des radicelles. Cette formation était déjà moins forte dans les vases mal aérés que dans les vases bien aérés. Nous avons pu noter l'augmentation de poids suivante :

Vases à aération défectueuse	90 gr
Vases à bonne aération	95 gr

soit donc aucune différence pratique. Après cette période, la différence devint cependant plus sensible. Non seulement la formation des radicelles mais également la formation des plants resta stationnaire dans les vases à aération défectueuse. Après 20 jours, nous avons pu noter les poids suivants :

Vases à aération défectueuse	285 g
Vases à bonne aération	391 g

Cette différence n'a fait que croître jusqu'à la fin de l'essai. La photo 3 présente ces deux essais. La couleur des plants était normale dans les deux cas.

Conclusion :

1) L'apparition de la coloration bleu-noirâtre n'est pas directement en corrélation avec une aération défectueuse du sol, quoique ceci soit affirmé assez communément.

2) Une aération régulière, et donc également une structure favorable du sol des couches, possède une grande influence sur la formation des racines et sur la production.

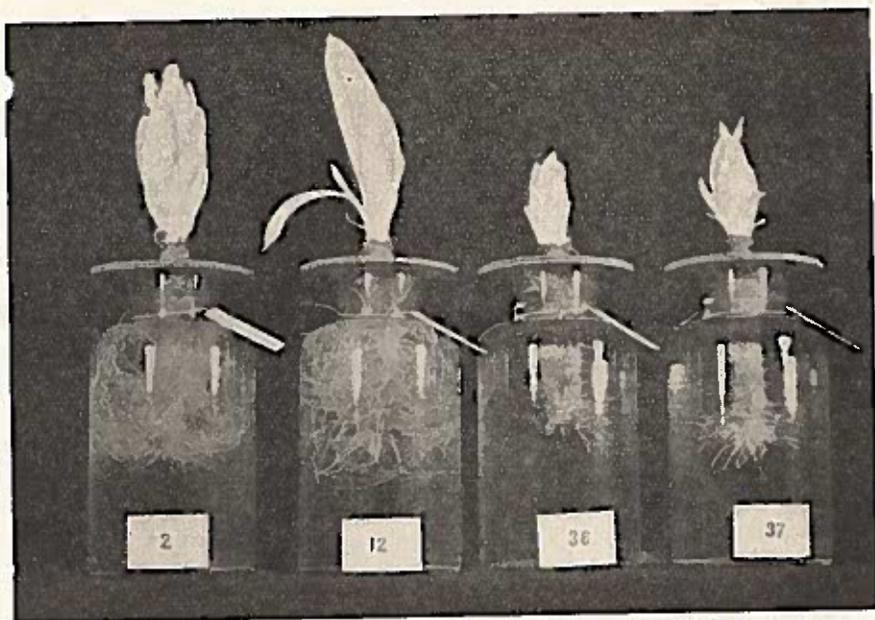


Photo 3. — Comparaison entre récipient bien aéré et récipient mal aéré. A remarquer surtout le faible développement des racines dans les récipients mal aérés (36 et 37).

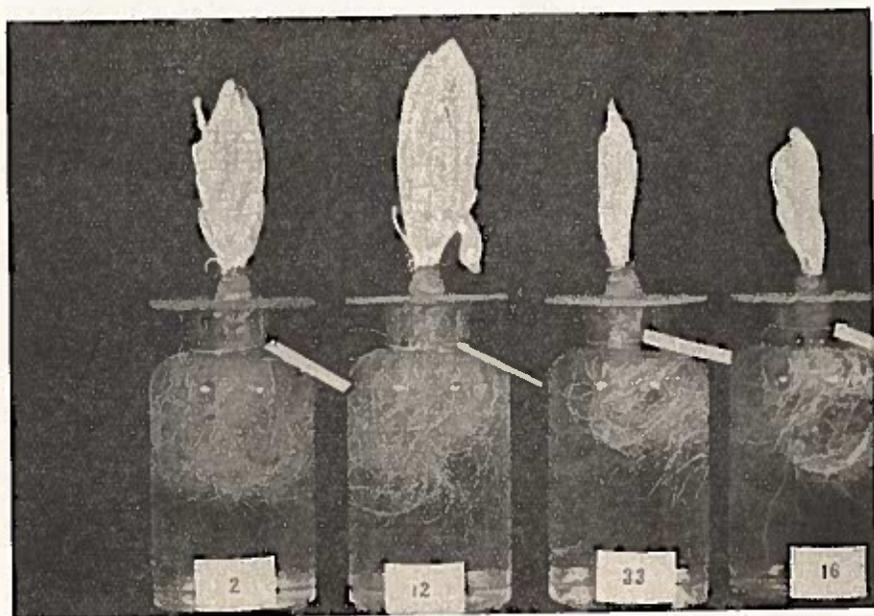


Photo 4. — Comparaison entre récipients avec solution complète (2 et 12) et récipients où l'azote manque (33 et 16).

3. Comparaison entre des vases avec une solution complète et des vases avec une solution sans azote.

Au début de l'essai aucune différence ne put être notée, ni au point de vue de la couleur, ni au point de vue de la formation des racines. Même après 10 jours, aucune différence n'était à constater. L'augmentation de poids par plant était à ce moment de :

avec azote	23 g ;
sans azote	22 g.

Après cette période, une différence commença à se marquer. La formation des racines marchait de pair, mais les cœurs des plants étaient sensiblement plus étroits et également plus courts là où manquait l'azote.

Après 20 jours, les poids suivants purent être notés par plant :

avec azote	97,7 g ;
sans azote	59,0 g.

Conclusion :

1) La teneur en azote de la solution n'exerce aucune influence sur l'apparition de la coloration;

2) L'influence de la teneur en azote de la solution est très marquée quant à la production. Ceci semble donc démontrer que la situation nutritive en azote des couches a une sérieuse importance, et nous comprenons les agissements de certains producteurs qui ajoutent du nitrate dans les couches de forcerie. Pratiquement, la teneur en nitrates sera assez élevée dans les terres employées pour la forcerie, surtout au moment de la forcerie, puisque l'on apporte beaucoup de matières organiques dans le sol et que la vie des micro-organismes nitrificateurs est favorisée par la structure favorable et la température.

4. Déficience en potasse.

Entre les vases sans potasse et avec potasse, aucune différence sensible ne put être constatée au point de vue du développement et de la production. Le développement du système racinaire était assez poussé. Le cœur du plant était moins bien tourné dans les vases à potasse que là où il y avait déficience. Nous ne pouvons cependant tirer de conclusions définitives, l'essai n'ayant été exécuté qu'avec deux exemplaires par objet.

La couleur des plants était partout blanche-dorée. Nous pouvons donc conclure que la déficience en potasse n'est pas cause de l'apparition de la coloration bleue-noirâtre.

5. Déficience en acide phosphorique.

Il n'existait que peu de différence entre les vases à solution complète et ceux sans acide phosphorique. La formation des cœurs était cependant plus lâche et moins régulière là où existait la déficience en acide phosphorique. La couleur était normale dans les deux cas.

6. *Déficiences en fer, bore et manganèse.*

Le développement était normal, ainsi que la couleur.

Une déficience en un de ces éléments ne peut donc produire une apparition de la coloration. Ceci est d'ailleurs complètement en concordance avec la pratique, comme nous pourrions le voir plus loin dans les considérations au sujet du pH.

7. *pH relativement élevé et présence d'une grande quantité de calcium.*

Les deux vases (15 et 30) à solution assez riche en chaux ont permis un bon développement des plants. L'augmentation en poids et la couleur étaient favorables. Les cœurs étaient bien formés.

Ceci est complètement en concordance avec les constatations faites dans la pratique, les producteurs chaulant assez fortement pour la forcerie de chicorée-witloof. En tout cas, nous pouvons affirmer que l'apparition de la coloration n'est pas provoquée par un excès de calcium dans la solution nutritive.

Conclusions générales de la forcerie en aquiculture.

1) La production de la chicorée-witloof est influencée en grande mesure par la situation nutritive et physique du lieu de la forcerie;

2) Il est possible, dans la pratique, d'effectuer la forcerie de la chicorée-witloof en aquiculture. Ceci aurait même certains avantages, à savoir que le facteur eau pourrait être réglé à volonté et que la maladie sclérotique ne serait pas à craindre (facilité de désinfection);

3) L'apparition de la coloration bleue-noirâtre n'est probablement pas due à une déviation de la situation nutritive de la couche.

B. *Examen des terres de la forcerie.*

1. *Modus operandi.*

On effectua, dans quinze exploitations des communes de Werchter et de Kampenhout, un examen détaillé du profil des terres des couches de forcerie. Ces exploitations furent choisies de telle sorte qu'elles purent être classées en deux catégories : la première produisant des plants sains, la seconde produisant des plants à couleur bleue-noirâtre. La première catégorie comprenait sept exploitations, la seconde en comprenait huit.

Dans tous les cas, on creusa un puits de profil d'une profondeur de 1 m 20 à l'endroit des forceries. Sur les parois de ces puits les différents horizons furent délimités, décrits et échantillonnés. De chaque horizon, les renseignements suivants furent annotés : la profondeur, le numéro de l'échantillon, l'espèce de sol, la situation humifère, la structure, la dureté, la présence de racines, de trous de vers et de concrétions ferrugineuses, ainsi que la hauteur de la nappe phréatique.

En plus de ceux-ci, les renseignements spéciaux suivants furent également notés : la fumure, le chaulage, les rendements, la qualité des plants, l'époque de l'apparition de la coloration bleue-noirâtre, éventuellement l'apparition d'autres maladies et leurs causes (ceci selon le producteur).

Au laboratoire, les déterminations suivantes furent effectuées sur les échantillons provenant de la couche arable : pH, acide phosphorique, potasse, carbone, azote total, nitrates et chlore. Sur les échantillons provenant du sous-sol, on détermina : le pH, la teneur en carbone, ainsi que la composition mécanique (3 fractions).

On trouvera ci-dessous un exemple de description de profil et des résultats d'analyse, telles qu'elles furent exécutées pour chacun des profils (parcelles) examinés.

Description du profil n° 23 :

N° analyse	N° échantillon	Profondeur	Description du profil
197.194	443	25 cm	sable limoneux mélangé à des cendrées, de la chaux et des feuilles — structure émietlée — perméable — racines et trous de vers — pas de concrétions ferrugineuses.
197.172	425	50 cm	sable limoneux — colluvium jaune-brunâtre — fortement lamellé — assez dur — peu de racines — trous de vers — pas de concrétions ferrugineuses.
197.173	220	+ 50 cm	sable limoneux — brun jaunâtre — structure angulaire — trop dur — très peu de racines — trous de vers — horizon gley.

Nappe phréatique : 50 cm en hiver.

Résultats d'analyse (1) :

a) Analyse des échantillons du profil :

N° analyse	N° échantillon	pH	C %	Argile %	Limon %	Sable+ Gravier %
197.194	443	6,9	1,7	6,5	6,5	87,0
197.172	425	4,9	0,70	8,0	13,5	78,5
197.173	220	5,9	0,40	12,0	6,0	82,0

b) Analyse de l'échantillon moyen de la couche arable :

N° analyse	N° échantillon	pH	P ₂ O ₅ en mg.	K ₂ O en mg.	C en %	N en mg.	C/N	Nitrates en mg.	Teneur en chlore en %
197.194	443	6,9	35,2	28,0	1,70	102,2	16,6	31,4	0,005

(1) Le pH fut déterminé dans l'eau au moyen d'une électrode en verre. L'acide phosphorique et la potasse furent déterminés au moyen de la méthode au lactate de calcium. Le carbone (humus) selon la méthode au bichromate. Le chiffre de l'azote représente l'azote total selon Kjeldahl.

2. Analyse chimique :

Comparaison entre la situation chimique des couches produisant des plants sains et des couches où apparaît la coloration bleu-noirâtre et que nous dénommerons plants bleus.

Plants sains

N° exploitation	P ₂ O ₅ en mg	K ₂ O en mg	NO ₃ en mg	Cl en %
24	75,2	25,4	15,0	traces
26	34,0	20,6	18,0	0,005
27	56,4	15,9	13,6	traces
30	14,6	11,1	4,3	traces
33	39,0	39,2	31,4	0,010
36	7,2	6,8	18,0	traces
38	50,0	22,2	18,0	traces

Plants bleus

N° exploitation	P ₂ O ₅ en mg	K ₂ O en mg	NO ₃ en mg	Cl en %
23	35,2	28,0	31,4	0,005
25	30,0	25,9	13,6	0,005
28	55,2	23,3	31,4	0,005
29	28,2	19,6	30,0	0,005
31	13,0	20,1	5,4	traces
34	12,6	21,7	7,4	traces
37	13,6	13,7	12,0	0,005
39	20,0	21,7	12,7	traces

De cette comparaison, il apparaît qu'il n'existe pas de différence marquée ni régulière entre les couches à plants sains et les couches à plants bleus. Ceci est vrai pour l'acide phosphorique, la potasse, les nitrates et la teneur en chlore et est donc complètement en concordance avec ce que nous avons pu constater par l'essai en aquiculture, c.-à-d. que *l'apparition de la coloration bleu-noirâtre n'est pas due à une différence dans la situation nutritive du sol.*

3. Recherches sur l'influence des facteurs physiques du sol sur l'apparition de la coloration bleu-noirâtre de la chicorée-witloof.

Afin de pouvoir déterminer dans quelle mesure la situation du profil peut influencer la coloration de la chicorée-witloof, nous comparerons les profils où la coloration se produit et les profils où les plants ont une coloration normale.

En huit endroits, soit aux endroits où furent examinés les profils n° 23, 25, 28, 29, 31, 34, 37 et 39, les chicorées présentaient la coloration bleu-noirâtre. Les sept profils n° 24, 26, 27, 30, 33, 36 et 38 furent examinés à des endroits où la coloration était normale.

a) Examen de la couche arable :

Comparons les deux facteurs : pH et humus de la couche arable des profils produisant des plants sains et des plants colorés.

<i>Couleur normale</i>			<i>Couleur bleu-noirâtre</i>		
	pH	Carbone en % (humus)		pH	Carbone en % (humus)
24	7,6	3,35	23	6,9	1,70
26	7,7	2,54	25	7,7	3,01
27	7,8	2,47	28	7,5	2,00
30	5,1	1,94	29	7,2	2,07
33	7,7	2,07	31	6,2	1,33
36	7,2	2,51	34	5,8	2,34
38	7,6	1,90	37	6,5	1,90
			39	6,5	1,70

De cette comparaison, nous pouvons déduire que la couche arable des terres examinées produisant des plants sains, possède en moyenne un pH et une teneur en humus plus élevés que les couches produisant des plants colorés.

En effet, nous constatons que des sept couches produisant des plants sains, deux seulement ont un pH inférieur à 7,5 et deux une teneur en humus inférieure à 2,00 %, alors que des huit couches produisant des plants colorés, une seulement présente un pH supérieur à 7,5 et trois une teneur en humus plus élevée que 2,00 %.

Cette constatation semble déjà démontrer que les deux facteurs qui déterminent la structure, soit le pH et le carbone, possèdent bien une influence sur l'apparition de la coloration dans la couche arable.

Nous tenons également à faire remarquer que la couche supérieure du profil n° 30 avec un pH de 5,1, est également la couche arable la plus sablonneuse de tous les profils examinés. Il est de fait que le pH peut être moins élevé dans un sol plus léger et que cette situation aura beaucoup moins d'influence sur la structure de ce sol que dans le cas d'un sol plus argileux. Il est également à remarquer que la production est moins élevée que la normale en cet endroit.

Structure de la couche arable :

Si nous parcourons toutes les descriptions des profils, nous pouvons remarquer que la couche arable de deux profils seulement est dans une situation plus ou moins défavorable quant à sa macro-structure, notamment les profils n° 29 et 39. Dans ces cas, les couches produisaient des plants colorés. A l'endroit du profil n° 29, c'est la première année que des chicorées-witloof sont mises en couche ; le profil n° 39 fut creusé en un endroit où, auparavant, passait un chemin.

Les autres profils possèdent une structure favorable dans la couche arable, ce qui est d'ailleurs normal pour un sol qui est travaillé régulièrement.

Composition mécanique :

L'analyse mécanique de la couche arable des différents profils démontre que l'apparition de la coloration se produit aussi bien sur des sols légers que lourds.

Conclusion concernant l'examen de la couche arable :

De l'étude qui précède, il ressort que la structure et les facteurs qui forment la structure, pH et humus, de la couche arable, semblent avoir quelque rapport avec l'apparition de la coloration.

En contrôlant le pH nous pourrions nous demander si l'apparition de la coloration bleu-noirâtre ne peut avoir un rapport direct avec une déficience en manganèse, en fer ou en bore. Il est normal que dans des sols à réaction élevée, ces déficiences fassent leur apparition, surtout si ce sol est assez sablonneux. Nous constatons cependant que les couches produisant des chicorées saines, à couleur normale, possèdent le pH le plus élevé. D'essais effectués en aquiculture également, nous avons pu déduire que ces déficiences ne causaient pas la coloration bleu-noirâtre. Il est donc pratiquement exclu que la coloration des plants soit en rapport avec une déficience en un de ces éléments mineurs.

De l'examen de la couche arable, nous pouvons déduire qu'une couche acide, pauvre en humus ou de structure mauvaise, favorise l'apparition de la coloration ; si cependant la couche arable possède une bonne réaction, une bonne teneur en humus et une bonne structure, l'apparition de la coloration peut encore se produire. L'amélioration de la couche arable sera donc toujours à conseiller dès l'apparition de la coloration mais ne donnera pas toujours une solution définitive.

b) Examen du sous-sol.

Nous ne tiendrons compte dans cet examen que de la situation des première et deuxième couches sous-jacentes à la couche arable.

Dans ce premier tableau nous comparons le pH, la teneur en carbone ainsi que la dureté des première et deuxième couches sous-jacentes à la couche arable, et ce des deux genres de couches, celles produisant des plants sains et celles produisant des plants souffrant de la coloration.

Dans le tableau suivant, les lettres M reproduisent une situation défavorable. Nous considérons comme défavorables les couches à pH inférieur à 5,5 — à teneur en humus plus basse que 1,0 dans la première couche et à teneur en humus plus basse que 0,75 dans la deuxième couche sous-jacente à la couche arable. Une mauvaise structure ainsi qu'un sol trop fermé sont également représentés par la lettre M. La lettre B au contraire reflète une bonne situation.

Profils produisant des plants sains à couleur normale :

1^{re} couche sous-jacente à la couche arable :

N° du profil . . .	24	26	27	30	33	36	38
pH	B	B	B	M	B	B	B
Teneur en humus	B	B	B	M	B	B	B
Dureté	B	B	B	B	B	B	B

2^e couche sous-jacente à la couche arable :

N ^o du profil	24	26	27	30	33	36	38
pH	B	B	B	B	B	B	B
Teneur en humus	B	M	M	B	B	M	B
Dureté	B	M	M	B	B	B	B

Profils produisant des plants colorés :

1^{re} couche sous-jacente à la couche arable :

N ^o du profil	23	25	28	29	31	34	37	39
pH	M	B	B	B	B	M	B	B
Teneur en humus	M	B	B	B	B	B	B	M
Dureté	M	M	M	B	B	M	M	M

2^e couche sous-jacente à la couche arable :

N ^o du profil	23	25	28	29	31	34	37	39
pH	B	M	B	M	M	B	B	tourbe
Teneur en humus	M	M	B	B	B	M	M	
Dureté	M	M	B	B	M	B	B	

De ce tableau, il ressort clairement que la situation générale du sous-sol est meilleure pour les endroits produisant des plants sains que pour les endroits produisant des plants colorés.

Pour les sept couches produisant des plants normaux, il n'y en a qu'une seule où la première couche sous-jacente à la couche arable (notamment le profil n^o 30) soit dans une situation moins favorable en ce qui concerne le pH et la teneur en humus.

Pour les huit couches produisant des plants à couleur bleue, il y en a six dont les premières couches sous-jacentes à la couche arable sont trop dures, notamment les profils n^{os} 23, 25, 28, 34, 37 et 39. Dans le profil n^o 23, cette couche est au surplus acide et trop pauvre en humus; le pH du n^o 34 et la teneur en humus du n^o 39 sont également trop bas.

De ce tableau, il ressort également que la deuxième couche sous-jacente à la couche arable est en général en une situation plus favorable dans les profils produisant des plants sains à couleur normale.

Des sept profils de couches qui produisent des plants sains, il y en a deux, notamment les n^{os} 26 et 27, dont cette couche est trop dure et trop pauvre en humus. Dans le profil n^o 36, cette couche est également trop pauvre en humus.

Des huit profils de couches produisant des plants colorés, il n'y en a cependant qu'un seul, notamment le n^o 28, dont cette deuxième couche possède un pH, une teneur en humus et une dureté convenables. Ainsi que nous le disions plus haut, la première couche sous-jacente à la couche arable de ce profil est cependant trop dure.

Ce tableau synoptique nous permet de conclure que l'apparition de la coloration bleu-noirâtre est sans aucun doute en rapport avec la composition du profil et, dans la plupart des cas, avec la situation structurale des première et deuxième couches sous-jacentes à la couche arable.

PH du sous-sol :

Comparons dans le tableau ci-après les chiffres du pH des première et deuxième couches sous-jacentes à la couche arable :

pH des profils produisant des plants sains.			pH des profils produisant des plants colorés.		
	1 ^{re} couche	2 ^e couche		1 ^{re} couche	2 ^e couche
24	7,1	6,8	23	4,9	5,9
26	7,4	6,4	25	5,6	5,1
27	7,7	7,4	28	7,5	6,1
30	5,0	6,4	29	6,8	4,9
33	7,7	7,3	31	5,9	5,2
36	6,2	6,5	34	4,8	5,7
38	7,7	6,3	39	6,1	6,8
			37	5,9	6,8

Ainsi que nous avons pu le remarquer lors de l'examen de la couche arable, il existe également dans ces deux couches une grande différence de pH entre les profils produisant des plants sains et ceux produisant des plants colorés.

Le pH doit donc être en rapport, soit directement, soit indirectement avec l'apparition de la coloration.

Teneur en humus du sous-sol :

Teneur en humus des profils produisant des plants sains.			Teneur en humus des profils produisant des plants colorés.		
	1 ^{re} couche sous-jacente.	2 ^e couche sous-jacente.		1 ^{re} couche sous-jacente.	2 ^e couche sous-jacente.
	C %	C %		C %	C %
24	3,45	2,00	23	0,70	0,40
26	1,67	0,46	25	1,67	0,36
27	1,20	0,46	28	1,57	1,00
30	0,70	0,77	29	1,77	0,77
33	1,87	0,33	31	1,27	0,80
36	1,07	0,33	34	1,57	0,60
38	1,74	1,43	37	1,07	0,40
			39	0,70	4,48

(tourbe)

De ce tableau, il ressort qu'il n'existe pas de différence notable entre la teneur en humus des couches saines et des couches atteintes. Une bonne réserve en humus n'est cependant nuisible en aucun cas.

Dureté et Macrostructure.

Ainsi qu'il appert du 1^{er} tableau de l'examen du sous-sol, nous trouvons ici une très grande différence entre les couches produisant des plants sains et les couches produisant des plants colorés.

Dans les couches produisant des plants sains, toutes les couches sous-jacentes à la couche arable sont assez meubles et perméables. Dans les huit couches atteintes de coloration, il y en a six qui sont trop dures. Ceci est d'ailleurs en concordance avec de nombreuses constatations qui ont été faites dans la pratique, notamment celle-ci : dans les endroits où l'on établit pour la première fois une forçerie, l'apparition de la coloration est assez commune. La raison en est que ce sol n'a encore été que très peu travaillé et que les racines aboutissent dans un sous-sol trop dur.

Nous avons pu constater également qu'une forçerie de chicorée-witloof établie sur du colluvium limoneux, qui possède le plus souvent une structure très lamellée, était très facilement atteinte de coloration.

Composition mécanique.

Des analyses mécaniques qui ont été effectuées, il ressort que l'apparition de la coloration bleu-noirâtre peut avoir lieu aussi bien sur des sols légers que sur des sols lourds.

De tout ce qui précède, nous pouvons déduire que la structure et les facteurs formateurs de structure, pH et humus, ont une signification prépondérante en rapport avec la coloration bleu-noirâtre de la chicorée-witloof.

c) Aperçu succinct du degré d'acidité et de la situation structurale des différents cas examinés.

Profils produisant des plants colorés.

- N° 23 couche arable : favorable.
 de 25 à 50 cm de profondeur : *très acide - trop pauvre en humus et mauvaise structure.*
 à plus de 50 cm : *acide - pauvre en humus et mauvaise structure.*
- N° 25 couche arable : favorable.
 de 30 à 70 cm : *moins bonne structure - assez dur - très acide.*
 à plus de 70 cm : *trop acide - pauvre en humus et trop compact.*
- N° 28 couche arable : favorable.
 de 25 à 50 cm : *structure assez mauvaise.*
- N° 29 couche arable : *structure moins favorable.*
 de 20 à 50 cm : *très acide.*
- N° 31 couche arable : favorable.
 de 20 à 40 cm : *toujours favorable.*
 à plus de 40 cm : *structure assez mauvaise - trop compact.*

- N° 34 couche arable : favorable.
de 28 à 70 cm : *très acide - structure mauvaise - assez fermé.*
- N° 37 couche arable : favorable.
de 40 à 65 cm : *sablonneux - assez compact - partie inférieure d'un podsol.*
à plus de 65 cm : *sable encore meuble et trop pauvre en humus.*
- N° 39 couche arable : *structure mauvaise.*
de 40 à 100 cm : *structure assez mauvaise - assez fermé.*

Chaque profil de couches produisant des chicorées colorées possède donc une mauvaise structure et ce, particulièrement dans la première couche sous-jacente à la couche arable.

Profils produisant des plants sains :

- N° 24 couche arable : favorable.
sous-sol : favorable.
- N° 26 couche arable : favorable.
de 23 à 45 cm : favorable.
depuis 45 cm : *un peu trop fermé et pauvre en humus.*
- N° 27 couche arable : favorable.
de 35 à 55 cm : favorable.
depuis 55 cm : *un peu trop fermé et pauvre en humus.*
- N° 30 couche arable : favorable.
de 25 à 50 cm : *assez acide et pauvre en humus.*
depuis 50 cm : favorable.
- N° 33 couche arable : favorable.
sous-sol : favorable.
- N° 38 couche arable : favorable.
sous-sol : favorable.
- N° 36 couche arable : favorable.
de 20 à 50 cm : favorable.
depuis 50 cm : *favorable mais assez pauvre en humus.*

La situation physique de ces profils est donc sensiblement meilleure. La perméabilité et la structure, surtout de la première couche sous-jacente à la couche arable, sont d'importance capitale pour la production des plants à couleur normale.

V. — CONCLUSIONS DE CETTE ETUDE

- 1) La cause de la coloration bleue de la chicorée-witloof ne doit pas être recherchée sur le champ où croissaient les plantes, mais bien dans le sol employé pour la forcerie ;
- 2) Elle n'est pas due à un déséquilibre dans la situation nutritive du sol, ni à une carence en l'un ou l'autre élément mineur ;
- 3) La mauvaise structure de la couche arable et du sous-sol est la cause directe ou indirecte de la coloration bleue. La structure du sol est en corrélation directe avec le degré d'acidité. Des sols très acides, surtout lorsqu'ils contiennent une certaine quantité de limon et d'argile, sont souvent trop fermés. Dans la pratique, le pH des sols limoneux destinés à la forcerie de witloof se situera de préférence au-dessus de 7,0 plutôt qu'en dessous de ce chiffre ;
- 4) Des profils limoneux d'origine colluviale provoquent presque toujours la coloration. Le sous-sol y possède d'ailleurs une mauvaise structure lamellée ;
- 5) La coloration sera plus marquée si l'on chauffe à une température plus élevée ;
- 6) Il est techniquement possible de cultiver de la chicorée-witloof en solution nutritive (aquiculture) au lieu de le faire dans des couches de forcerie ;
- 7) En opposition avec ce qui est admis généralement, la production de la chicorée-witloof est fortement influencée par la situation physique et nutritive du sol employé pour la forcerie. Dans ce domaine, nous pouvons considérer comme étant de la plus grande importance : la structure, l'économie de l'eau et la richesse en azote.

L'amélioration de la culture afin d'éviter une mauvaise coloration du witloof se base sur les mesures suivantes :

Le sol des couches doit être amené dans les conditions suivantes :

- 1) Être meuble et bien perméable jusqu'à une profondeur minimum de 60 cm ;
- 2) Avoir un pH de 7,0 ou plus élevé (limon) ;
- 3) Posséder une teneur en carbone d'au moins 2 % dans la couche supérieure et de 1 % dans la seconde couche.

Toute amélioration exigera donc la correction des facteurs qui dévient de ces normes. Pratiquement ceci pourra se faire, selon le cas, en sous-solant, en chaulant et en incorporant de l'humus dans le sol.

Un profilage avec détermination de pH et de la teneur en humus des différentes couches est à la base d'une amélioration rationnelle et de la prévention de la maladie.