Publication spéciale / 2024



14/ Fertilisation des cultures de baies

Principes de fertilisation des cultures agricoles en Suisse (PRIF 2024) – Chapitre 14

Édition 2024

Auteur-e-s

Louis Sutter, Christophe Carlen et André Ançay

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie, de la formation et de la recherche DEFR
Agroscope

Agroscope une bonne alimentation, un environnement sain

Impressum

Éditeur	Agroscope Route des Eterpys 18 1964 Conthey www.agroscope.ch
Renseignements	louis.sutter@agroscope.admin.ch
Rédaction	Louis Sutter, Christophe Carlen et André Ançay
Photos	Agroscope
Édition	2e édition révisée 2024 (1re édition publiée dans l'édition complète PRIF 2017); voir également Chronique des bases de fertilisation: Historique des PRIF
Download	www.prif.ch
Copyright	© Agroscope 2024
DOI	https://doi.org/10.34776/prif24-14

Exclusion de responsabilité

Les informations contenues dans cette publication sont destinées uniquement à l'information des lectrices et lecteurs. Agroscope s'efforce de fournir des informations correctes, actuelles et complètes, mais décline toute responsabilité à cet égard. Nous déclinons toute responsabilité pour d'éventuels dommages en lien avec la mise en œuvre des informations contenues dans les publications. Les lois et dispositions légales en vigueur en Suisse s'appliquent aux lectrices et lecteurs; la jurisprudence actuelle est applicable.

Sommaire

1 Introduction 4
2 Buts et principes d'une fertilisation raisonnée 4
3 Normes de fertilisation 4
4 Fertilisation des fraises 5
4.1 Fertilisation azotée 5
4.2 Fertilisation phosphatée, potassique, magnésienne et en micro-éléments 7
5 Fertilisation des framboises, mûres, groseilles et des cultures alternatives d'arbustes à baies 8
5.1 Fertilisation azotée 8
5.2 Fertilisation phosphatée, potassique et magnésienne 9
6 Fertilisation des myrtilles 10
7 Fertilisation par goutte-à-goutte 11
8 Fraises, framboises et mûres sur substrat 12
8.1 Substrat 12
8.2 Solution nutritive 12
8.3 Préparation de la solution nutritive à partir d'engrais complets 14
8.4 Préparation de la solution nutritive à partir d'engrais simples 14
8.5 Apport de la solution nutritive 15
8.6 Adaptation de la solution nutritive 15
8.7 Système ouvert ou fermé 16
9 Fertilisation dans la production de jeunes plants 16
10 Bibliographie 17
11 Liste de tableaux 18
12 Liste de figures 18

1 Introduction

Les principes de fertilisation des baies contiennent les informations les plus importantes pour une fertilisation raisonnée des baies, afin de fournir à la plante une nutrition minérale équilibrée tout en respectant l'environnement. Les diverses normes de fertilisation ont été élaborées sur la base d'expériences d'Agroscope, du Guide des petits fruits (Ançay *et al.* 2012), des Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière (Bertschinger *et al.* 2003), des Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat (Pivot *et al.* 2005), ainsi que d'autres publications sur les cultures sur substrat (Lieten 1999; Guerineau 2003; Pivot et Gillioz 2000).

2 Buts et principes d'une fertilisation raisonnée

L'objectif d'une fertilisation raisonnée consiste à fournir à la plante une nutrition minérale équilibrée et adaptée, afin d'assurer sa croissance optimale et une production de qualité tout en maintenant la fertilité des sols et en respectant l'environnement. Pour les fraises, la norme de fertilisation concernant les éléments minéraux principaux tels que phosphore (P), potassium (K) et magnésium (Mg), correspond aux quantités exportées par la récolte d'une culture, dans un site adapté et sur un sol normalement pourvu en éléments fertilisants et en eau. Pour les baies à arbustes, la norme de fertilisation correspond aux éléments fertilisants exportés par les récoltes, ainsi que les éléments fixés dans le bois.

La norme de fertilisation pour P, K et Mg peut être adaptée au rendement estimé et corrigée en fonction de la fertilité du sol. La fertilité de sols trop riches ou trop pauvres est rééquilibrée par le biais d'un suivi régulier de la richesse en P, K et Mg et par une correction correspondante de la norme de fertilisation. Ces mesures permettent d'éviter des carences et déséquilibres nutritionnels (antagonismes) préjudiciables à la culture.

En revanche, la norme pour la fertilisation azotée est définie en considérant aussi la minéralisation de l'azote (N) du sol d'un site avec des conditions pédoclimatiques moyennes. La norme de fertilisation azotée peut être adaptée proportionnellement au rendement estimé, ainsi qu'au comportement végétatif de la plante. En cas de besoin en N supérieur à 60 kg N/ha, les apports doivent être fractionnés pour réduire les pertes par lessivage.

3 Normes de fertilisation

Les normes de fertilisation des différentes cultures de baies représentent les besoins en éléments fertilisants pour obtenir un bon rendement et une récolte de qualité sur un sol normalement pourvu (tableau 1). Pour P, K et Mg, les quantités d'éléments nutritifs à apporter sont corrigées sur la base d'une analyse de terre. Il est important de noter que les informations du tableau 1 sont à prendre en compte par culture ou cycle de production, et non par année. Cela signifie que les valeurs s'appliquent à chaque période de croissance complète d'un cycle de culture. Par exemple, si deux cycles de framboises sont réalisés au cours d'une année, les valeurs indiquées dans le tableau 1 peuvent être doublées pour calculer les rendements totaux des deux cycles. La présente version a pris en compte les changements en intégrant l'évolution des systèmes de culture, l'introduction de nouveaux types de plantes, ainsi que l'augmentation des rendements. Ces éléments ont exigé une révision des pratiques de fertilisation, adaptée sur la base des résultats des essais réalisés par Agroscope ainsi que des données scientifiques internationales (Cvelbar et al. 2021, Lieten & Gallace 2021, BMEL 2022, Prasad et al. 2022, Zydlik & Zydlik 2023, Sutter & Ançay 2024).

4 Fertilisation des fraises

4.1 Fertilisation azotée

Afin de réduire le risque de lessivage du N, il faut fractionner les apports (tableau 2). De plus, la fumure azotée doit être apportée uniquement sur la ligne de culture. Dans ce cas, la norme peut être réduite d'un tiers (tableau 2; figure 1).



Figure 1. Fraise, début de floraison. Les fraises sont les plus importantes cultures de baies en Suisse

La fertilisation azotée peut être pilotée à l'aide d'analyses N_{min}. Cette dernière donne les quantités de N immédiatement disponibles pour la plante à 0 − 30 cm de profondeur du sol. Il est recommandé d'effectuer des analyses N_{min} après la plantation, en début de végétation au printemps et à la floraison, afin de suivre la dynamique du N dans le sol et de gérer au mieux les apports azotés. Si le résultat de l'analyse est inférieur à 60 kg N/ha, une fertilisation azotée sera nécessaire. Par contre, si la valeur N_{min} est égale ou supérieure à 60 kg N/ha, il n'est pas nécessaire d'apporter du N. Un excès de N favorise le développement du feuillage au détriment du rendement et de la qualité. L'interprétation de l'analyse N_{min} doit aussi tenir compte de la vigueur de la culture.

Dans une culture vigoureuse avec une mise à fruits moyenne, il ne faut plus apporter de N à partir de la fin de la floraison. Un excès de N conduit à une baisse de la qualité des fruits et à une augmentation du risque de pourriture. Par contre, dans une culture avec une très forte mise à fruits, il est nécessaire de poursuivre les apports azotés durant la récolte afin de favoriser la formation de nouvelles feuilles.

Des analyses N_{min} démontrent que la teneur en N directement disponible pour la plante est plus élevée dans un système de culture sur buttes (Neuweiler *et al.* 1997). Pour ce type de production, il n'est donc souvent pas nécessaire d'apporter de N l'année de plantation. L'apport de N se fait sous forme de nitrate de chaux dans les sols ayant un pH plutôt acide et sous forme de sulfates d'ammonium dans les sols ayant un pH plutôt alcalin.

Tableau 1. La norme de fertilisation est indiquée en fonction du rendement estimé (Bertschinger *et al.* 2003; Ançay *et al.* 2012).

Culture	Rendement (kg/m^2)	Norme de fertilisation (kg/ha)					
		N	P	P_2O_5	K	K_2O	Mg
Fraise	1,5	80	10	23	65	79	15
	2,0	100	15	34	100	121	20
	2,5	120	20	46	130	157	25
	3	140	25	57	155	187	30
	3,5	160	30	69	180	217	35
	4	180	35	80	205	247	40

Culture	Rendement (kg/m²)	Norme de fertilisation (kg/ha)					
		N	P	P_2O_5	K	K_2O	Mg
Framboise	1,0	30	5	11	35	42	10
	1,5	45	10	23	50	60	15
	2,0	60	15	34	65	78	15
	2,5	75	20	46	80	96	20
	3	90	25	57	95	115	25
	3.5	105	30	69	110	133	30
Mûres	1,5	40	10	23	35	42	15
	2,0	55	15	34	55	66	15
	2,5	70	20	46	70	84	20
	3,0	85	25	57	85	102	20
	3,5	100	30	69	105	127	25
	4,0	115	35	80	120	145	25
Groseilles à grappes	1,5	60	15	34	75	91	15
	2,0	85	20	46	100	121	15
	2,5	110	25	57	125	151	20
	3,0	135	30	69	180	217	25
	3.5	160	35	80	210	253	25
Cassis	1,5	50	10	23	70	84	15
	2,0	70	15	34	100	121	15
	2,5	90	20	46	130	157	20
	3,0	110	25	57	160	193	20
	3,5	130	30	69	190	229	25
Groseilles à maquereau	1,2	40	10	23	50	60	15
	1,7	60	15	34	65	78	15
	2,2	80	20	46	90	108	20
	2,5	95	25	57	105	127	20
Myrtilles	1,0	50	5	11	55	66	15
	1.5	55	10	23	60	72	20
	2,0	60	15	34	65	78	25
	2,5	65	20	46	70	84	30
Cultures alternatives d'arbustes à baies: sureau, mini-kiwi, goji, aronia, lonicera	1,0	35	10	23	50	61	10
	1,5	60	15	34	75	91	15
	2,0	85	20	46	100	121	15
	2,5	110	25	57	125	151	20

4.2 Fertilisation phosphatée, potassique, magnésienne et en micro-éléments

Pour les éléments peu lessivables (P, K, Mg), les engrais du commerce sont à épandre avant la préparation du sol. Les fraisiers apprécient les sols riches en humus. La fertilisation organique joue un double rôle: elle maintient la fertilité du sol et en améliore la structure. Pour couvrir les besoins de la plante, on peut apporter 15 à 30 m^3/ha de fumier tous les trois à quatre ans, ou du compost au maximum 25 t MS/ha tous les trois ans. Le fumier mûr est mieux adapté pour les fraises que le fumier frais. Les éléments fertilisants ainsi apportés sont à considérer lors de l'établissement du plan de fumure.

Le fraisier est très sensible aux excès de salinité et il est sensible aux engrais chlorés. La potasse doit donc être apportée sous forme de sulfates.

Dans les sols ayant un pH neutre à alcalin, il faut utiliser des engrais acidifiants pour permettre une meilleure disponibilité des micro-éléments tels que le fer et le manganèse. Lorsque le pH du sol est supérieur à 7,5, il est conseillé d'effectuer des fertilisations foliaires pour les oligo-éléments problématiques (fer et manganèse).

Tableau 2. Fractionnement des apports de N dans les fraises.

	Fumure sur toute la surface (kg N/ha)	Fumure localisée sur la ligne (kg N/ha)
Deux à trois semaines après plantation en été	0–40	0–30
Lors de la reprise de la végétation au printemps	30–40	20–30
Floraison, au plus tard avant le paillage	30–40	20–30

5 Fertilisation des framboises, mûres, groseilles et des cultures alternatives d'arbustes à baies

5.1 Fertilisation azotée

La norme de fertilisation est indiquée en fonction du rendement estimé. Pour les cultures pluriannuelles, la norme est pondérée avec des indices de correction (tableaux 3 et 4). La somme de ces indices permet de déterminer la fertilisation azotée annuelle. Avec une application localisée sur la ligne, les quantités à épandre par hectare peuvent être réduites d'un tiers.

Pour les variétés d'automne, des apports modérés en N sont recommandés. Lors d'une fertilisation azotée trop importante, la formation des fleurs est retardée au profit de la phase végétative et la récolte est ainsi retardée.

Afin de réduire le risque de lessivage et d'optimiser l'efficacité du N, il est conseillé de fractionner les apports:

- 1er au départ de la végétation: 15 à 60 kg N/ha
- 2e à la floraison: 20 à 60 kg N/ha

La fertilisation azotée peut être pilotée à l'aide d'analyses N_{min} au départ de la végétation et lors de la floraison. Si lors de l'analyse N_{min} on obtient un résultat inférieur à 60 kg N/ha, il sera nécessaire d'appliquer un complément de fertilisation azotée (30 − 40 kg N/ha).

Lors d'apports réguliers de compost ou de fumier, les engrais azotés minéraux sont à limiter. Les framboises et les arbustes à baies sont aussi sensibles aux apports excessifs d'éléments fertilisants. Les conséquences se manifestent par des réductions de rendement avec des cannes aux entre-nœuds trop espacés, peu productives dans la partie basale, et des dégâts de pourriture grise.

La quantité de N à apporter dépend aussi de la variété. Pour les variétés avec une forte vigueur, des apports modérés sont recommandés. Pour des variétés à faible vigueur, des apports en N plus importants sont nécessaires pour obtenir des cannes d'une longueur suffisante.

Pour les cultures annuelles de framboises les normes restent les mêmes que pour les cultures pérennes (tableau 1), mais la distribution des apports change. Les cultures annuelles exigent une fertilisation azotée importante en été après la plantation, lorsque les cannes ou les tiges ont une forte croissance. Si lors de l'analyse N_{min} on obtient un résultat inférieur à 60 kg N/ha, il sera nécessaire d'appliquer un complément de fertilisation azotée (30 − 40 kg N/ha). Par contre, les besoins en N sont moindres après la floraison, car les nouvelles pousses sont alors éliminées.

1. Apport à la plantation au printemps/été (20 à 40 kg N/ha)
2. Apport au départ de la végétation après l'hiver (20 à 40 kg N/ha)
3. Apport à la floraison (0 à 20 kg N/ha)

Tableau 3. Pondération de la fertilisation azotée pour framboises et mûres. Chaque valeur correspond à 1 kg N/ha de réduction (–) ou d'augmentation (+) de la norme (Bertschinger *et al.* 2003; Ançay *et al.* 2012).

Paramètre d'évaluation pour une réduction (–) ou une augmentation (+)	kg/ha		
Vigueur (longueur des tiges)	– 11 (excessive)	0 (normale)	+ 11 (faible)
Aoûtement	– 3 (tardif, gel d'hiver)	0 (normal)	+ 2 (faible)
Maladies et ravageurs (botrytis, dydimella, pucerons...)	– 2 (fréquents)		0 (rares)
Drageonnement	– 3 (fort)	0 (moyen)	+ 1 (faible)
Volume occupé par les cailloux	– 3 (faible, < 10 %)	0 (10–30 %)	+ 3 (élevé, > 30 %)
Teneur en matière organique MO	– 5 (très élevée)	0 (médiocre)	+ 5 (faible)
Entretien du sol	– 3 (sol nu)		+ 10 (sol enherbé)

Tableau 4. Pondération de la fertilisation azotée pour groseilles, cassis, cultures alternatives d'arbustes à baies et myrtilles. Chaque valeur correspond à 1 kg N/ha de réduction (–) ou d'augmentation (+) de la norme (Bertschinger *et al.* 2003; Ançay *et al.* 2012).

Paramètre d'évaluation pour une réduction (–) ou une augmentation (+)	kg/ha		
Vigueur (longueur des tiges)	– 15 (excessive)	0 (normale)	+ 15 (faible)
Chute des feuilles	– 4 (tardive, gel d'hiver)	0 (normal)	+ 3 (faible)
Volume occupé par les cailloux	– 3 (faible, < 10 %)	0 (10–30 %)	+ 3 (élevé, > 30 %)
Teneur en MO	– 5 (très élevée)	0 (médiocre)	+ 5 (faible)
Entretien du sol	– 3 (sol nu)		+ 3 (sol enherbé)
Production sur sciure, amendement organique, sciure, copeaux de bois			+ 30

5.2 Fertilisation phosphatée, potassique et magnésienne

Pour les éléments peu lessivables (P, K, Mg), les engrais du commerce sont à épandre au printemps, dès le départ de la végétation. Le framboisier étant sensible aux engrais chlorés, la potasse doit être apportée sous forme de sulfates. Dans les sols de pH neutre à alcalin, il est nécessaire d'utiliser des engrais acidifiants pour permettre une meilleure disponibilité des micro-éléments tels que le fer (Fe) et le manganèse (Mn). Lorsque le pH du sol est supérieur à 7,0, il faut effectuer des fertilisations foliaires complémentaires avec un chélate de fer et un chélate de manganèse.

6 Fertilisation des myrtilles

La fertilisation azotée des myrtilles peut être pondérée selon le tableau 4. Si la culture se fait sur un amendement organique, autre que la tourbe, la norme de fertilisation azotée peut être majorée de 20 à 30 unités pour garantir une croissance optimale.

Lorsque les myrtilliers sont cultivés dans du matériel organique non composté (copeaux, fibres de bois, sciure), un apport spécifique de N de 100 kg N/ha doit être réparti sur une ou deux années après l'amendement pour compenser l'immobilisation du N par les micro-organismes qui le décomposent.

Pour les cultures installées sur une couverture organique, la fertilisation est apportée sur toute la surface. Pour les systèmes «Frick», la fertilisation est localisée sur la ligne de plantation et il est conseillé de fractionner les apports de N (toutes les trois à quatre semaines), du début de la période de végétation à la mi-août.

Pour les cultures en pot ou lorsque l'irrigation se fait par goutte-à-goutte, les éléments fertilisants peuvent être apportés sous forme liquide par fertigation (figure. 2).

Le myrtillier est une plante acidophile, sensible à l'excès de calcaire, aux carences en potasse et aux déséquilibres en oligo-éléments tels que le zinc ou le bore. Il faut utiliser des engrais qui ont une action acidifiante sur le sol, comme le sulfate d'ammonium, le sulfate de potasse, le sulfate de magnésium et des engrais phosphatés.



Figure 2. Myrtilles en bac: essai variétal à Agroscope Conthey

7 Fertilisation par goutte-à-goutte

L'irrigation fertilisante (fertigation) permet d'apporter aux plantes l'eau et les éléments nutritifs par le circuit d'irrigation goutte-à-goutte.

Elle peut contribuer à accroître le rendement et à améliorer la qualité des cultures de baies. Elle est indispensable pour les cultures sur buttes recouvertes de plastique noir.

L'irrigation fertilisante se fait à partir d'un réservoir de solution fertilisante concentrée (solution mère). Cette solution mère est composée d'engrais solubles dans l'eau afin d'éviter les précipités qui boucheraient l'installation d'irrigation. Les engrais contenant du calcium (Ca) sont à éviter, car ils précipitent facilement. La solution mère est distribuée sur la culture à l'aide d'une pompe doseuse. Une fois que la dose journalière ou hebdomadaire est passée dans le circuit, il faut continuer à irriguer à l'eau claire afin de rincer la canalisation.

Avec l'irrigation au goutte-à-goutte, une petite fraction du volume du sol reçoit de l'eau, c'est le bulbe d'arrosage. Les racines des plantes se concentrent dans cette portion humide. Il est donc important d'apporter à ce volume restreint tous les éléments fertilisants. Une irrigation fertilisante avec une fertilisation complète est donc un avantage pour la culture, car elle favorise la croissance des plantes et le rendement.

Lorsque le pH du sol est élevé (pH > 7,5), il est conseillé d'apporter le Fe et le Mn sous forme de chélate par des applications foliaires.

La quantité en éléments fertilisants appliquée par apport dépend de plusieurs facteurs: période de fertilisation, fertilité du sol et nombre d'apports prévu pour la culture (tableaux 5 et 6).

Tableau 5. Fertigation de cultures annuelles de baies comme fraise et framboise avec goutte-à-goutte en plein champ: période de fertilisation, nombre (nb) d'apports et quantité d'éléments fertilisants par apport.

Période de fertilisation	Année de plantation:	Deux semaines après la plantation jusqu'à mi-septembre
	Année de récolte:	Formation de nouvelles feuilles au printemps à mi-récolte
Nombre d'apports	Tous les jours à une fois par semaine	
Quantité d'éléments fertilisants par apport	Fraise:	
	Année plantation:	30 % $Norme_{corr}$ / nb d'apports prévus
	Année récolte:	70 % $Norme_{corr}$ / nb d'apports prévus
	Framboise d'été:	
	Année plantation:	40 % $Norme_{corr}$ / nb d'apports prévus
	Année récolte:	60 % $Norme_{corr}$ / nb d'apports prévus
	Framboise remontante:	
	Plantation et récolte la même année:	100 % $Norme_{corr}$/nb d'apports prévus

$Norme_{corr}$ = norme de fumure corrigée en fonction de l'analyse de sol.

Tableau 6. Fertigation de cultures pluriannuelles de baies comme framboise, mûre, groseille, myrtille et culture alternative d'arbustes à baies avec goutte-à-goutte en plein champ: période de fertilisation, nombre d'apports et quantité d'éléments fertilisants par apport.

Période de fertilisation	Formation de nouvelles feuilles au printemps à fin récolte
Nombre d'apports	Tous les jours à une fois par semaine
Quantité d'éléments fertilisants par apport	$Norme_{corr}$ / nombre d'apports prévus

$Norme_{corr}$ = norme de fumure corrigée en fonction de l'analyse de sol.

8 Fraises, framboises et mûres sur substrat

8.1 Substrat

Le faible volume tampon et l'absence d'éléments nutritifs dans les substrats nécessitent l'apport régulier d'une solution nutritive équilibrée et adaptée aux besoins évolutifs des cultures. La gestion des apports ainsi que la composition minérale de la solution nutritive constituent des composantes capitales de la réussite des cultures sur substrat (figures 3 et 4).



Figure 3. Les fraises sur substrat augmentent le rendement et facilitent la récolte.

8.2 Solution nutritive

La solution nutritive doit contenir des macroéléments (azote, phosphore, soufre, potassium, calcium, magnésium) ainsi que des micro-éléments (fer, manganèse, zinc, bore, cuivre, molybdène). Elle doit être préparée en tenant compte de la valeur nutritive de l'eau du réseau, car les apports minéraux de l'eau peuvent être importants et couvrir les besoins en sulfate, calcium et magnésium.

La composition minérale de l'eau du réseau est liée à son origine (source, nappe, lac). Elle peut varier passablement, même en cours de saison. Idéalement, la salinité de l'eau du réseau (électro-conductivité, EC) ne devrait pas dépasser 0,5 mS/cm. Si elle excède 1 mS/cm, on risque de rencontrer des problèmes d'accumulation de certains éléments favorisant ainsi des déséquilibres nutritifs, en particulier dans des systèmes fermés. Pour préparer les solutions nutritives, on peut soit travailler avec des engrais complets, soit avec des engrais simples. L'emploi d'engrais complets est particulièrement adapté pour les petites unités de production. Pour les plus grandes surfaces, l'emploi d'engrais simples se justifie car ils sont plus économiques. La composition optimale des éléments fertilisants pour fraisier, framboisiers et ronces est indiquée dans le tableau 7.



Figure 4. Les framboises sur substrat ont gagné en importance au cours des dernières années.

Tableau 7. Composition optimale des éléments fertilisants dans la solution nutritive pour fraise, framboise et mûre (selon Lieten 1999; Guerineau 2003; Ançay *et al.* 2012).

Période	Croissance végétative	Floraison à récolte
EC (mS/cm)	1,2 (0,8–1,6)	1,4 (0,8–1,8)
pH	5,8 (5,2–6,4)	5,8 (5,2–6,4)
Macro-éléments (mmol/l)		
NH_4^+	1,0	0,0
K^+	3,5	5,5
Ca^{2+}	4,5	3,5
Mg^{2+}	1,5	1,5
$N0_3^-$	10,5	11,0
SO_4^{2-}	1,5	1,5
$H_2P0_4^-$	1,5	1,5
Micro-éléments (µmol/l)		
Fe	15–20	15–20
Mn	15–20	15–20
Zn	7,5–10	7,5–10
B	8–12	8–12
Cu	0,7–1,0	0,7–1,0
Mo	0,3–0,5	0,3–0,5

EC = électro-conductivité.

Tableau 8. Préparation de la solution nutritive à partir d'engrais simples pour des systèmes ouverts.

Engrais pour 100 litres de solution mère	Végétation			Floraison - fructification		
	Bac A	Bac B	Bac C	Bac A	Bac B	Bac C
Réglage de la pompe doseuse	*0,8–1,2 %*	*0,8–1,2 %*	*0,5–1,5 %* (qualité de l'eau)	*0,8–1,2%*	*0,8–1,2 %*	*0,5–1,5 %* (qualité de l'eau)
Dihydrogénophosphate de potassium KH_2PO_4	2,0 kg			2,0 kg		
Sulfate de magnésium $MgSO_4$ $7H_2O$	3,7 kg			3,7 kg		
Mélange d'oligo-éléments pour culture	0,15 kg			0,15 kg		
Nitrate de potasse KNO_3		2 kg			4,0 kg	
Nitrate de calcium $5(Ca(NO_3)_2$ $2H_20)$		7,6 kg			5,4 kg	
Acide nitrique HNO_3 – 60 % (d = 1,371,37)			2 litres			2 litres

8.3 Préparation de la solution nutritive à partir d'engrais complets

Au besoin, on pourra compléter la solution avec des éléments simples. La concentration de la solution mère est en général 100 fois plus élevée que celle de la solution nutritive.

Avec ce système, le dosage de la solution nutritive peut se faire simplement en utilisant une pompe doseuse (Dosatron).

En fonction de la qualité de l'eau du réseau et du type d'engrais utilisé, il sera nécessaire de travailler avec une deuxième pompe doseuse pour réguler le pH.

8.4 Préparation de la solution nutritive à partir d'engrais simples

La préparation de la solution nutritive se fait à partir d'engrais simples (tableau 8). Il faut calculer la quantité de chaque engrais à apporter pour fabriquer une solution mère équilibrée. La concentration des solutions mères est en général 100 à 200 fois plus élevée que celle des solutions nutritives. Elle est limitée par la solubilité des éléments qui la composent. Comme règle essentielle, on évite de mélanger des éléments contenant des sulfates ou des phosphates avec le Ca, pour éviter des précipitations; on prépare alors deux bacs de solutions mères afin de séparer les éléments incompatibles. Les acides peuvent être dilués dans un troisième bac afin de faciliter la gestion du pH. L'ajout des micro-éléments se fait dans le bac contenant les phosphates et les sulfates, l'ajout de fer dans celui contenant le Ca.



Figure 5. Automate pour la préparation de la solution nutritive adaptée pour les cultures de baies sur substrat

Pour ce système, le dosage de la solution nutritive se fait en utilisant trois pompes doseuses ou en utilisant une station de préparation et de pilotage de la solution nutritive (figure 5). Dans les deux cas, les pompes doseuses injectent l'engrais soit directement dans le réseau de fertigation, soit dans un bac de mélange dans lequel seront également injectées les eaux de recyclage du drainage pour le système fermé.

8.5 Apport de la solution nutritive

La durée et la fréquence des apports de solution nutritive doivent être adaptées en fonction des paramètres suivants:

- le volume et la rétention de l'eau du substrat
- le stade de développement des plantes
- les conditions climatiques (intensité lumineuse)

En général, il faut prévoir une irrigation fixe en début de matinée puis des irrigations déclenchées par le solarimètre. La dernière irrigation doit se faire avant 18h00 pour permettre au substrat de se ressuyer la nuit. Avec des gouteurs autorégulés, des irrigations d'une durée de deux à trois minutes en fonction du volume de substrat sont généralement suffisantes. Avec les substrats qui ont une plus faible rétention en eau que la tourbe, comme ceux à base de fibres de coco, il faudra prévoir des durées d'irrigation plus courtes, mais en augmenter la fréquence.

Le drainage quotidien doit se situer entre 10 et 15 % de l'apport pour une culture en système ouvert; il peut dépasser les 25 % avec un système fermé. Il faut contrôler régulièrement (au minimum deux à trois fois par semaine) les quantités d'eau apportées et le volume du drainage pour s'assurer que les consignes d'arrosage sont respectées et que l'installation fonctionne correctement. Lors de ces mesures, on contrôlera également l'EC et le pH (figure 6).



Figure 6. Contrôle des valeurs de pH et d'EC de la solution nutritive.

8.6 Adaptation de la solution nutritive

Les quantités d'eau et d'éléments nutritifs absorbés varient en fonction du type de variété, du stade de développement des plantes et de l'intensité lumineuse. Pour cette raison, les consignes de l'EC au goutteur doivent être adaptées durant la saison en fonction du type de variété et du développement de la plante (tableau 9). L'EC peut être augmentée de 0,2 par temps couvert et baissée dans les mêmes proportions par temps ensoleillé.

Pour corriger et adapter l'équilibre de la solution nutritive au besoin de la plante, des analyses régulières de la composition de la solution nutritive et du drainage sont indispensables. En général, les analyses se pratiquent toutes les cinq à six semaines en système ouvert et toutes les trois à quatre semaines en système fermé.

La mesure de l'EC du drainage reflète l'intensité relative de l'absorption de l'eau et des éléments minéraux. Elle fournit la concentration totale en éléments minéraux mais ne donne pas d'information sur la composition. En période de fortes chaleurs, la plante consommera plus d'eau que d'éléments minéraux; en période de faible luminosité, le végétal absorbera relativement plus d'éléments minéraux. Afin de favoriser un bon développement végétatif, une production de fruits de qualité, et d'éviter des avortements de fleurs ou des brûlures de racines, l'EC du drainage doit être contrôlée régulièrement ; elle ne doit pas dépasser 2 mS/cm. En cas de dépassement, il faudra irriguer durant une à deux journées à l'eau claire.

Tout écart de l'EC du drainage de plus de 20 % par rapport à l'EC de la solution nutritive apportée aux plantes nécessite un ajustement de l'EC de la solution de départ. Le pH du drainage peut varier de 5 à 7 sans conséquences sur le comportement des plantes.

Tableau 9. Modifier les consignes de l'EC et du pH à l'apport pour les baies en fonction du stade de croissance de la plante (selon Lieten 1999; Guerineau 2003; Ançay *et al.* 2012).

Stade	Variétés d'été (EC)	Variétés remontantes (EC)	Toutes les variétés (pH)
Démarrage	1,2	0,8 – 1,0	5,8
Floraison	1,6	1,2 – 1,4	5,8
Fructification	1,2	1,0 – 1,2	5,8

EC = électro-conductivité.

8.7 Système ouvert ou fermé

Le système ouvert permet l'apport d'une solution nutritive «neuve» à chaque irrigation. Les effluents doivent être récupérés et réutilisés pour d'autres cultures. Cette réutilisation nécessite de connaître la teneur du drainage en éléments fertilisants car ils doivent être intégrés dans le «Swiss Bilanz». Le système fermé permet une réutilisation active de la solution nutritive collectée et n'est donc pas à considérer dans le bilan nutritif (« Swiss Bilanz »). Le recyclage complet réutilise les rejets du système, dont la composition varie en fonction de l'absorption des éléments nutritifs par la plante. Il peut en résulter une accumulation de certains éléments et des déséquilibres nutritifs, d'où la nécessité de pratiquer régulièrement (toutes les trois à quatre semaines) des analyses complètes afin de rééquilibrer la solution nutritive à apporter aux plantes. Globalement, le recyclage permet une économie importante en eau et engrais. Actuellement, les techniques de recyclage de la solution nutritive consistent essentiellement à adapter l'EC de la solution de mélange drainage-eau claire aux consignes données. Dans les deux cas, il faudra prévoir un volume de stockage des solutions drainées adapté à la surface. On peut estimer le volume de drainage quotidien à environ 0,2 à 0,5 l/m^2.

9 Fertilisation dans la production de jeunes plants

En Suisse, il existe également des entreprises qui produisent de jeunes plants pour leur propre production ou la vente. Pour une nutrition optimale, des besoins spécifiques en fertilisation sont également définis ici pour cette production (Tableau 10). Cette définition garantit que les normes répondent aux conditions de production actuelles. Ce cahier des charges permet aux entreprises de mieux planifier et mettre en œuvre leurs stratégies de fertilisation, ce qui conduit à une production optimisée et durable. Comme pour les normes de fertilisation pour la production de baies, ces quantités d'engrais pour la production de jeunes plants ne sont incluses dans le bilan suisse que si la solution nutritive n'est pas recyclée. Si les solutions nutritives sont recyclées, les valeurs de fertilisation ne doivent pas être prises en compte dans le bilan de fumure.

Tableau 10 Norme de fumure pour la production de plants de fraises (Tray-Plants) et de framboises (Long-Cane).

Kultur	Normes de fumure (kg/ha)					
	N	P	P_2O_5	K	K_2O	Mg
Fraises (Tray-Plants)	120	15	34	95	114	20
Framboises (Long-Cane)	130	35	80	140	169	15

10 Bibliographie

Ançay A., Carlen C. & Sigg P., 2012. Düngungsgrundlagen. In: Handbuch Beeren, Anonymus, Schweizer Obstverband (éd.), Zug, 149 p.

Bertschinger L., Gysi C., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Ryser J.-P., Schmid A. & Weibel F., 2003. Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière. FAW fascicule 15, Wädenswil, 48 p.

Cvelbar Weber, N.; Koron, D.; Jakopič, J.; Veberič, R.; Hudina, M.; Baša Česnik, H. Influence of Nitrogen, Calcium and Nano-Fertilizer on Strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) Fruit Inner and Outer Quality. Agronomy 2021, 11, 997. https://doi.org/10.3390/agronomy11050997

German Federal Ministry of Food and Agriculture. (n.d.). Statistischer Monatsbericht des BMEL, Kapitel A: Landwirtschaft. https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-a-landwirtschaft

Guerineau C., 2003. La culture du fraisier sur substrat. Réalisation Ctifl et Ciref. Editions Ctifl, Paris, 165 p.

Lieten P., 1999. Guidelines for nutrient solutions, peat substrate and leaf values of Elsanta strawbenies. Communication COST ACTION 836, Integrated Research in Berries, 2d meeting WG4, Nutrition and soilless culture, Versailles.

Lieten, P. and Gallace, N. (2021). Nitrogen fertilization in the nursery: effect on strawberry tray plant yield and performance. Acta Hortic. 1309, 373-378 DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1309.54

Neuweiler R., Bertschinger L., Stamp P. & Feil B., 2003. The impact of ground cover management on soil nitrogen levels parameters of vegetative crop development, yield and fruits quality of strawberries. European Journal of Horticultural Science 86 (4), 189–191.

Pivot D. & Gillioz J., 2000. Fraisier hors sol: alimentation minérale en solution recyclée. Revue suisse de Vitic. Arboric. Hortic. 32, (4), 207–210.

Pivot D., Gilli C. & Carlen C., 2005. Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat. Revue suisse de Vitic., Arboric. et Hortic. 34 (4), 3–8.

Prasad, R.; Lisiecka, J.; Kleiber, T. Morphological and Yield Parameters, Dry Matter Distribution, Nutrients Uptake, and Distribution in Strawberry (Fragaria × ananassa Duch.) cv. 'Elsanta' as Influenced by Spent Mushroom Substrates and Planting Seasons. Agronomy 2022, 12, 854. https://doi.org/10.3390/agronomy12040854

Sutter, L., & Ançay, A. (in preparation). Consequences of varying fertilization strategies on yield quantity and quality in strawberries and raspberries. Agroscope, 2024.

Zydlik, Z.; Zydlik, P. The Effect of a Preparation Containing Humic Acids on the Growth, Yield, and Quality of Strawberry Fruits (Fragaria × ananassa (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier). Agronomy 2023, 13, 1872. https://doi.org/10.3390/agronomy13071872

11 Liste de tableaux

Tableau 1. La norme de fertilisation est indiquée en fonction du rendement estimé (Bertschinger *et al.* 2003; Ançay *et al.* 2012). 5
Tableau 2. Fractionnement des apports de N dans les fraises. 7
Tableau 3. Pondération de la fertilisation azotée pour framboises et mûres. Chaque valeur correspond à 1 kg N/ha de réduction (–) ou d'augmentation (+) de la norme (Bertschinger *et al.* 2003; Ançay *et al.* 2012). 9
Tableau 4. Pondération de la fertilisation azotée pour groseilles, cassis, cultures alternatives d'arbustes à baies et myrtilles. Chaque valeur correspond à 1 kg N/ha de réduction (–) ou d'augmentation (+) de la norme (Bertschinger *et al.* 2003; Ançay *et al.* 2012). 9
Tableau 5. Fertigation de cultures annuelles de baies comme fraise et framboise avec goutte-à-goutte en plein champ: période de fertilisation, nombre (nb) d'apports et quantité d'éléments fertilisants par apport. 11
Tableau 6. Fertigation de cultures pluriannuelles de baies comme framboise, mûre, groseille, myrtille et culture alternative d'arbustes à baies avec goutte-à-goutte en plein champ: période de fertilisation, nombre d'apports et quantité d'éléments fertilisants par apport. 11
Tableau 7. Composition optimale des éléments fertilisants dans la solution nutritive pour fraise, framboise et mûre (selon Lieten 1999; Guerineau 2003; Ançay *et al.* 2012). 13
Tableau 8. Préparation de la solution nutritive à partir d'engrais simples pour des systèmes ouverts. 13
Tableau 9. Modifier les consignes de l'EC et du pH à l'apport pour les baies en fonction du stade de croissance de la plante (selon Lieten 1999; Guerineau 2003; Ançay *et al.* 2012). 16
Tableau 10 Norme de fumure pour la production de plants de fraises (Tray-Plants) et de framboises (Long-Cane). 16

12 Liste de figures

Figure 1. Fraise, début de floraison. Les fraises sont les plus importantes cultures de baies en Suisse 5
Figure 2. Myrtilles en bac: essai variétal à Agroscope Conthey 10
Figure 3. Les fraises sur substrat augmentent le rendement et facilitent la récolte. 12
Figure 4. Les framboises sur substrat ont gagné en importance au cours des dernières années. 12
Figure 5. Automate pour la préparation de la solution nutritive adaptée pour les cultures de baies sur substrat 14
Figure 6. Contrôle des valeurs de pH et d'EC de la solution nutritive. 15