



HAL
open science

Eléments de comparaison techniques et économiques, des techniques d'épuration adaptées au contexte des petites collectivités

Catherine Boutin

► **To cite this version:**

Catherine Boutin. Eléments de comparaison techniques et économiques, des techniques d'épuration adaptées au contexte des petites collectivités. Journée ENGEES-AGHTM " Station de traitement des eaux usées-procédés coûts impacts ", 31 janvier 2002, Strasbourg, Jan 2002, Strasbourg, France. pp.8. hal-02581049

HAL Id: hal-02581049

<https://hal.inrae.fr/hal-02581049>

Submitted on 3 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Éléments de comparaison techniques et économiques, des techniques d'épuration adaptées au contexte des petites collectivités

Catherine BOUTIN (Cemagref Lyon, 3 bis quai Chauveau, CP220, 69336 Lyon Cedex 09)

Introduction

Dans le courant des années 90, le panel des filières d'épuration adaptées aux petites collectivités s'est largement accru et l'on dénombre désormais 11 filières d'épuration (Boutin C *et al*, 1998).

Le décanteur-digesteur assure une simple décantation alors que les autres filières requièrent des processus de dégradation de type biologiques aérobies

- soit en cultures libres (boues activées, lagunage naturel ou lagunage aéré)
- soit en cultures fixées
 - sur supports grossiers (lit bactérien et disques biologiques) ou
 - sur supports fins (infiltration-percolation, filtres plantés de roseaux, filtres enterrés, épandage souterrain ou épandage superficiel).

Sous une pression législative accrue par les échéances fixées à 2005 pour les collectivités dont la taille correspond à une pollution journalière inférieure à 120 kg de DBO₅, les maîtres-d'ouvrage doivent trouver des réponses aux problèmes d'épuration de leurs communes dans les meilleures conditions techniques économiques et environnementales.

Chacune des onze filières a sa place dans le « monde des petites collectivités » et cette grande diversité des techniques doit permettre de répondre à des besoins variés et des exigences de plus en plus précisées. Chaque technique présente à la fois de nombreux avantages et limites. Il serait totalement illusoire de généraliser l'usage d'une « filière miracle » ou même de privilégier a priori une seule technique.

Seule une analyse complète des contraintes rencontrées par la collectivité devrait permettre d'identifier le meilleur choix ou éventuellement le meilleur compromis technico-économique qui, finalement assurera une protection optimisée du milieu récepteur.

Cette analyse préliminaire complète pourrait comporter plusieurs volets :

- la nature des eaux usées à traiter,
- les contraintes du milieu récepteur,
- les contraintes naturelles du site,
- les contraintes économiques et,
- les contraintes subjectives.

L'objectif de cet article est d'illustrer, à partir d'exemples concrets, éventuellement extrêmes, la démarche qui pourrait permettre d'étayer le choix conduisant à la filière la plus appropriée.

La nature des eaux usées à traiter

Le degré de dilution (ou de concentration) des eaux à traiter influencera le choix de la technique à retenir. C'est dans ce contexte que l'on réfléchira au couple **réseau/station** et que l'on optera, par exemple pour le maintien d'un tronçon de réseau existant de type unitaire si la filière lagunage naturel est installée à l'aval. A l'inverse, en cas de réseau séparatif, voire sous-pression, on exclura impérativement le lagunage naturel afin de réduire au maximum les risques de dysfonctionnement. Il en est de même en cas de traitement d'eaux usées mixtes (**domestiques + agro-alimentaires**) qui peuvent conduire à des effluents très concentrés.

La quantité de pollution à traiter, qui le plus souvent correspond à la **taille de la collectivité** aura également un impact sur le choix.

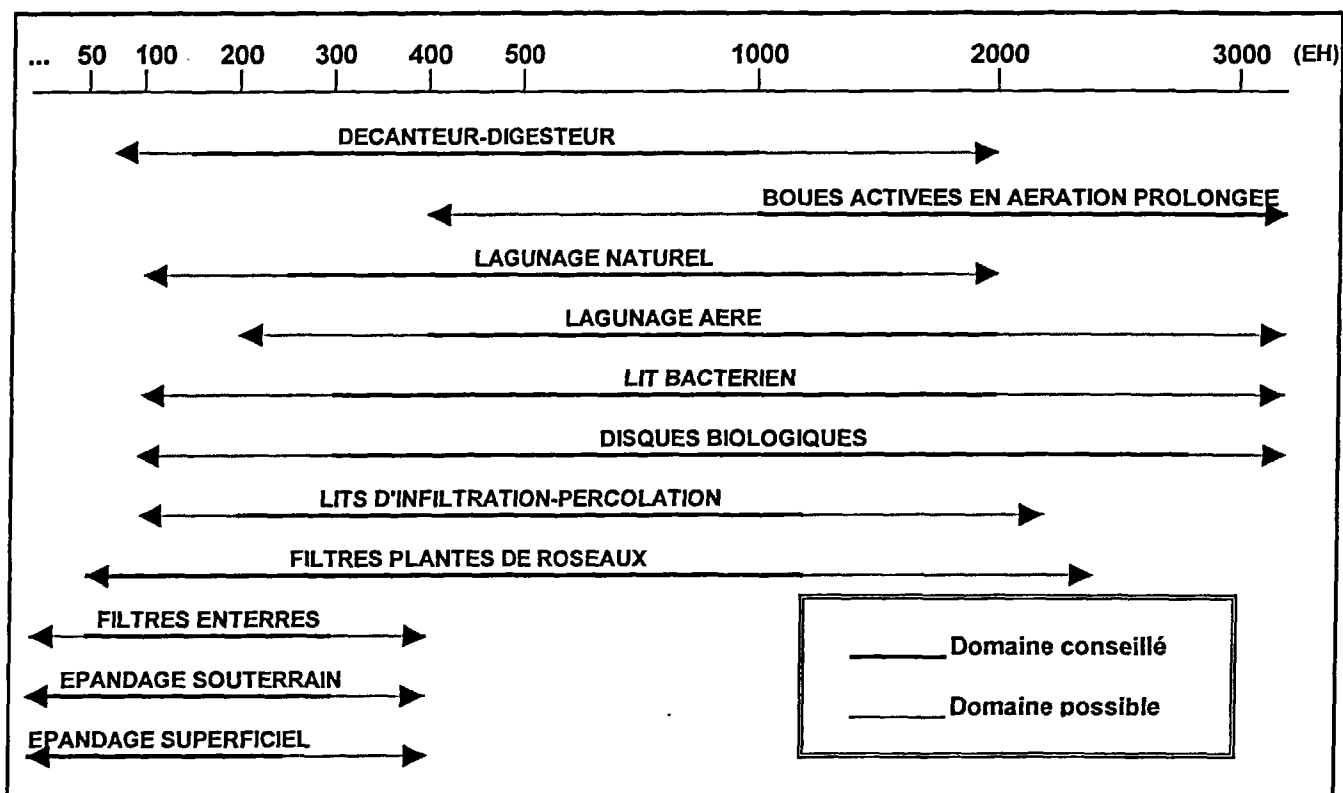


Tableau 1 : Domaine d'application privilégié

Le tableau 1 ci-dessus fait apparaître trois grands groupes :

- les filières majoritairement réservées au tout petit collectif (filtres enterrés, épandage souterrain et épandage superficiel)
- les filières communes aux petites et très grosses collectivités (boues activées, lit bactérien, disques biologiques et lagunage aéré)
- Le lagunage naturel, les filtres plantés de roseaux, l'infiltration-percolation et les décanteurs -digesteurs s'adaptent principalement à la gamme de taille de population intermédiaire, de l'ordre d'une petite centaine d'habitants jusqu'à 2000- 2200 habitants.

De plus, il est parfois utile de s'intéresser à la stabilité de cette charge polluante. En cas de **variation de population**, on aura tendance à privilégier les filières ne comportant pas de

décanteur-digester¹ afin de limiter les risques d'odeur induits par leur fonctionnement en sous charge hydraulique pendant la période de moindre fréquentation. Mais si la pointe de population est hivernale, on préconisera en priorité les disques biologiques que leur couverture protège des aléas climatiques. L'ampleur de la variation constitue également un élément de réflexion et le dimensionnement de la filière retenue tiendra compte des fréquentations maximales.

Contraintes du milieu récepteur

A cette analyse qualitative et quantitative des eaux usées à traiter, s'ajoute une réflexion sur les contraintes du milieu récepteur.

En cas de rejet dans un milieu superficiel, les niveaux de qualité à atteindre sont fixés en fonction des objectifs de qualité attendus pour le milieu récepteur (Duchene Ph *et al*, 2002).

La circulaire du 17 février 1997 définit les niveaux de qualité à atteindre et le tableau 2 indiquent les correspondances entre ces niveaux de qualité et les techniques d'épuration.

Niveaux de qualité (17 02 1997)	D1	D2	D3	D4
Types de traitement	traitement primaire	traitement du Carbone		traitement du Carbone et nitrification
	Décanteur-digester	Disques biologiques ($8\text{gDBO}_5\text{m}^{-2}\text{J}^{-1}$)	Lagunage naturel	Boues activées en aération prolongée,
		Lit bactérien ($0,7\text{kgDBO}_5\text{m}^{-3}\text{J}^{-1}$)		Infiltration-percolation,
Filières correspondantes		Lagunage aéré		Filtres plantés de roseaux,
				Filtres enterrés,
				Epandage souterrain,
				Epandage superficiel.

Tableau 2 : Correspondance entre les niveaux de qualité et les techniques de traitement

En cas de rejet en « zones sensibles », seule la boue activée et dans une moindre mesure, le lagunage naturel répondent au besoin d'abattement sur l'azote global. Si une élimination du phosphore est souhaitable, on privilégiera à nouveau la boue activée (déphosphatation physico-chimique ou éventuellement biologique), le lagunage naturel (précipitation avec les boues et curage fréquent afin d'éviter les relargages) et le lagunage aéré (avec une déphosphatation physico-chimique complémentaire). Si un objectif sanitaire est recherché, on utilisera en priorité le lagunage naturel ou l'infiltration-percolation (avec des bases de dimensionnement spécifiques pour l'obtention de ce traitement tertiaire).

En cas d'absence d'exutoire de surface, on peut avoir tendance à privilégier les filières de type « cultures fixées sur supports fins » dont la majeure partie des ouvrages ne sera pas étanchéifiée. Tout principalement, celles qui assurent, dans le même ouvrage à la fois le traitement et l'évacuation des eaux c'est à dire celles dont le matériau support est le sol en place (épandages) sont particulièrement appréciées.

Il est clair que toutes les filières n'offrent pas les mêmes performances. Une analyse pertinente des objectifs de qualité contribuera à retenir la filière la plus appropriée. Dans

¹ sauf si plusieurs unités sont installées en parallèle et/ou que l'effluent est recirculé

certains cas complexes, l'**association de plusieurs filières** dont on aura retenu les atouts majeurs pour atteindre des performances ciblées reste peut-être la meilleure solution permettant de définir la technique la plus adaptée.

Contraintes naturelles du site (géologiques, climatiques, ...)

Pour l'implantation de toute station d'épuration, il est nécessaire de conduire une étude préalable d'ordre pédologique, géologique et hydrogéologique.

Les **études de perméabilité** d'un sol conduisent à définir soit le degré d'imperméabilité naturelle (objectif recherché pour l'implantation d'un lagunage naturel), soit le degré de perméabilité (objectif recherché pour les épandages et dans le cas de rejet dans le sous-sol). Ces études préalables concluent parfois de façon opposée à l'attente du maître-d'ouvrage. Il semble néanmoins fondamental d'accepter ces conclusions et d'adapter la démarche en intégrant l'ensemble des nouveaux éléments obtenus par ces études préliminaires.

Toutes les filières n'ayant pas le même degré de compacité, leur **emprise au sol** influencera le choix du terrain réservé à l'emplacement de la station d'épuration. A titre d'exemple, pour une station de traitement dimensionnée pour 400 EH, l'emprise varie entre les deux extrêmes suivantes : quelques centaines de m² pour les filières intensives jusqu'à plus de 7000 m² pour les filières dites extensives.

Une **pente naturelle** pourra faciliter l'implantation de certaines filières, par exemple celles comprenant des décanteurs –digesteurs (pour améliorer leur intégration paysagère) ou des filtres plantés de roseaux dont le fonctionnement sans apport d'énergie extérieure nécessite un dénivelé d'au moins 3 m (fonctionnement des siphons et ressuyage des filtres)

Par ailleurs, on limitera l'installation des filières sensibles aux très faibles **températures** (lit bactérien et lagunage naturel) dans le cadre du traitement des zones d'altitude.

Contraintes économiques (investissement et exploitation)

Les coûts d'investissement ² et d'exploitation sont des éléments qui entrent indéniablement dans le choix d'une filière

Les **coûts d'exploitation**³ représentent un poids relativement lourd, généralement supérieur à l'investissement, si l'on raisonne sur une période de l'ordre de 15 ans. Il est vraiment nécessaire que le maître d'ouvrage s'engage sur cette **dépense régulière** qui représente l'unique moyen nécessaire pour conduire une exploitation et un entretien corrects des ouvrages dont il projette de faire l'acquisition.

Pour une population de 400 habitants, on note trois fourchettes de coûts d'exploitation : Les moins coûteux (4 à 5 €/hab/an) sont les décanteur-digesteurs, les épandages souterrains et superficiels. La plus coûteuse reste la « boues activées » dont l'exploitation atteint plus de 18 €/hab/an. Le coût d'exploitation des sept autres filières est estimé à la moitié de la « boues activées » (9 €/hab/an).

² les coûts d'investissement sont des tarifs 2000 HT

³ attention : les coûts d'exploitation sont des tarifs 1996 HT dont l'actualisation est en cours

Pour une population de 1000 habitants, on note, sans surprise, une diminution sensible de ces coûts ramenés à l'habitant. Par contre, on note toujours trois classes de tarif : 2,3 €/hab/an pour un décanteur-digesteur, 11,5 €/hab/an pour une « boues activées » et 6 €/hab/an pour les autres filières.

En plus de cet engagement financier, il est indispensable de conduire une réflexion relative au mode d'exploitation que le maître-d'ouvrage souhaite privilégier. Si l'exploitation est assurée par un personnel communal qui ne dispose pas de formation spécifique en électromécanique, il est vivement conseillé d'installer des techniques pouvant fonctionner sans énergie dont l'entretien reste simple, même s'il est régulier et contraignant. De plus, une vraie reconnaissance du métier d'exploitant est dans bien des cas la clef du bon fonctionnement des équipements.

Ces coûts d'exploitation (estimés en 1996) prennent en compte les frais d'exploitation au sens strict ; le coût réel d'entretien sera supérieur et il conviendra que chaque maître-d'ouvrage rajoute les frais financiers d'investissement, les frais de renouvellement, les éventuels frais de déplacement, l'acquisition éventuelle des réactifs nécessaires et surtout le coût du traitement et de l'élimination des boues.

Afin de permettre une estimation sommaire de ces coûts, le tableau 3 ci-après fournit les caractéristiques principales des boues produites par les 11 filières.

	Stabilisation	Filières concernées	Destination	Concentration % de MS	Volume extrait	Fréquence d'extraction
Lagunage	anaérobie	Lagunage naturel	agricole	<< 1%	1,2 à 3 m ³ par habitant	7 à 10 ans
	médiocre		?	≈ 1%	10 m ³	1 X par an
	anaérobie	Lagunage aéré	agricole	<< 1%	~1 m ³ par habitant	1 X par an
FSTE	anaérobie	F enterrés Epanchage souterrain	mat vidange	≈ 1%	400 l par habitant ⁴	Tous les 3 ans
Digesteur		Infiltration-percolation	agricole	≈ 5%	90 l par habitant	2 X par an
	anaérobie	Lit bactérien Disques biologiques	agricole	≈ 5%	120 l par habitant	2 X par an
Boues activées	aérobie + anaérobie dans le silo	Boues activées	agricole	≈ 2,5% (épaississeur statique) ⁵	80 l par habitant	2 X par an
Filtres plantés de roseaux	aérobie	Filtres plantés de roseaux	agricole et de adaptation du plan d'épandage	>20%	100 à 200l par habitant	Tous les 10 ans

Tableau 3 : Qualité et quantité de boues à extraire lors d'un traitement d'eaux usées domestiques (sans déphosphatation physico-chimique).

⁴ hypothèse : vidange complète de la fosse (boues et surnageant)

⁵ les jus de retour du silo n'étant pas renvoyés en tête de station, les siccités en sortie d'épaississeur et de silo de stockage sont équivalentes.

Les degrés de siccité, les fréquences d'évacuation conditionnent l'organisation de la valorisation des boues, qui, en grande majorité, possèdent les caractéristiques requises pour être épandues sur terres agricoles en cas de traitement d'eaux usées domestiques uniquement. Seules les boues de fosse toutes eaux, recevant des effluents non dégrillés, seront retraitées comme des matières de vidange au sein d'installations spécifiques.

L'estimation des coûts d'investissement, évalués selon une méthodologie rigoureuse (Alexandre O, 2001) n'autorise pas une comparaison stricte des coûts d'investissement entre filières.

Le tableau 4 illustre l'importance de l'amplitude de variation, toutes filières confondues pour les petites capacités. Pour la gamme de 100 EH, les extrêmes sont 250 €/EH à 750 €/EH. Cette amplitude de variation diminue sensiblement avec la taille: de 85 €/EH à 240 €/EH pour une capacité de 1000 EH.

La valeur médiane, tous procédés confondus, affichée dans le tableau 4 permet seulement de fournir une représentation visuelle des effets d'échelle calculés par ailleurs. Une collectivité dont la taille se situe au environ de 100 EH devra envisager un niveau d'investissement trois fois supérieur à celui qu'engagerait une collectivité de l'ordre de 1000EH.

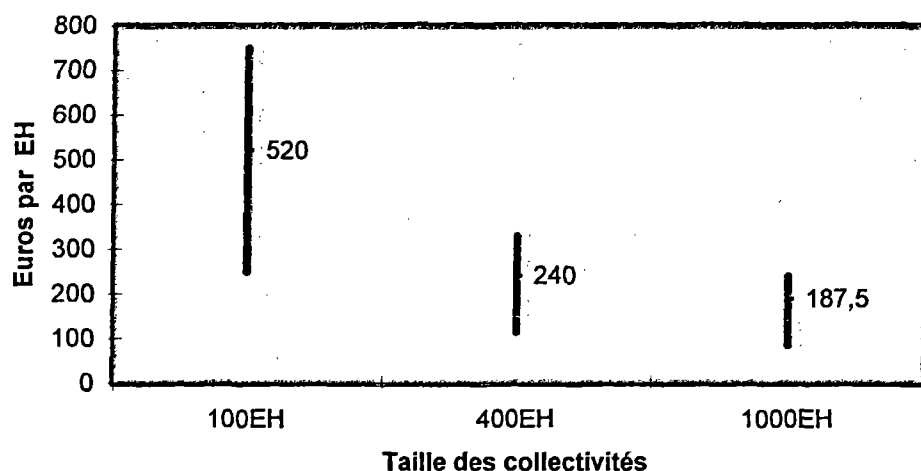


Tableau 4 : échelle de variation des coûts d'investissement ramenés à la taille de la population

Contraintes subjectives.

Les impacts olfactifs, auditifs et visuels sont, encore aujourd'hui difficilement mesurables. Même si une distance minimale par rapport aux habitations (100m) est fixée par la législation, elle n'est pas systématiquement suffisante pour se prémunir de ce type de nuisances. Par exemple, la présence de vents dominants, même temporaires, pourra contribuer à retenir une filière à dominante aérobie.

De même, le bruit occasionné par le fonctionnement des appareils électromécaniques peut être considéré comme une gêne pour les riverains.

Si une intégration paysagère est recherchée, la collectivité aura tendance à éviter les filières possédant des ouvrages en élévation (avec décanteur-digesteur par exemple.) et pourra rechercher des filières dont l'apparence est proche de celle d'un sol planté ou non.

Aussi étonnant que cela paraisse, les techniques d'épuration subissent également les lois de la mode. Aujourd'hui, le «vert» (et l'usage des végétaux) a vraiment bonne presse. La présence de «macrophytes» n'apporte pas systématiquement d'effets bénéfiques. Par

exemple, le « lagunage à macrophytes » est désormais proscrit du fait de son entretien (faucardage) bien trop complexe pour qu'il soit réalisé dans de bonnes conditions. Il serait dommageable, à terme, que s'installent des techniques non éprouvées voire même non recommandables sous réserve de répondre à un effet de mode.

Conclusion

Afin de choisir une technique de dépollution appropriée parmi un panel de onze grandes familles de filières, il est désormais nécessaire de conduire une démarche rigoureuse étudiant l'ensemble des contraintes qui caractérisent cet investissement.

Cette analyse préalable se base sur le principe objectif que chaque technique présente des avantages et des limites et que toutes les filières, techniquement reconnues et/ou validées, ont leur place dans le domaine du traitement des effluents des petites collectivités (taille inférieure à 120 kg de DBO₅ par jour). Cela conduit :

1. à ne pas privilégier une ou plusieurs filières à priori
2. à l'inverse, aucune n'est à proscrire avant analyse.

Les contraintes sont multiples :

- ◆ d'ordre environnemental (milieu récepteur, nature du site),
- ◆ d'ordre technique (eaux usées, exploitation),
- ◆ d'ordre économique (investissement, exploitation), et
- ◆ d'ordre «subjectif »

Le tableau 5 de la page suivante rassemble la plupart des contraintes évoquées précédemment.

La lecture de ce tableau met en avant la complexité de l'analyse devant une multitude de situations particulières.

Même si l'analyse des contraintes induites par le milieu récepteur est souvent réalisée en priorité, il n'est guère envisageable d'imposer une chronologie de l'analyse et de hiérarchiser ces contraintes par un seul organigramme valable pour toutes collectivités sur tout le territoire national. Dans bien des cas, une conclusion partielle modifie les conclusions techniques de l'étape précédente. En définitive, les nombreux «allers-retours » proposent, non pas la meilleure solution mais le meilleur compromis.

Peut être est-il nécessaire de rappeler, que toute filière, aussi simple soit elle en apparence, doit faire l'objet d'une exploitation et d'un entretien réguliers sans quoi, et dans un délai souvent rapide, les objectifs qui ont guidé son choix et son implantation, ne pourront être atteints.

Références

Alexandre O. (2000). Méthode d'évaluation des coûts d'investissement et de fonctionnement des petites stations d'épuration. *Ingénieries E.A.T.n° spécial IWA 2000* p 5-12.

Boutin C., Duchène Ph., Liénard A.(1998) Filières d'épuration adaptées aux petites collectivités. Documentation technique FNDAE n°22. Ed. Cemagref-DICOVA

Duchène Ph., Vanier Ch. (2002) Réflexion sur les paramètres de qualité exigés pour les rejets de station d'épuration. *Ingénieries E.A.T. (à paraître)*

Les "+++++", "++++" et "-" doivent être considérés respectivement comme appréciation "franchement positive", "positive" et "plutôt négative". Les "cases vides" reflètent une "relative indifférence" vis à vis du caractère visé. Les mentions spéciales et appréciations franchement négatives figurent "en toutes lettres".

Critères		Procédés pouvant fonctionner sans électricité										
		Filières B. A. aér. prol.	Lagunage aéré	Lit bactérien	Disques biologiques	Décanteur- digesteur	Lagunage naturel	Infiltration Percolation	Filtres plantés	Filtres enterrés	Epandage souterrain	Epandage superficiel
per for man ces	Niveaux (circ. 17/02/97)	D4	D2	D2 ₆	D2 ₆	D1	D3	D4 ₇	D4 ₇	D4 ₇	D4 ₇	D4 ₇
	NGL	≥ 80 %	≈ 25 %	≈ 50 % ⁶	≈ 25 %	négligeable	≈ 70 %				8	8
	P	≈ 20 % ⁶	≈ 20 %	≈ 20 %	≈ 20 %	≈ 5 %	≈ 60 %	très faible	très faible	très faible	≈ 100 %	≈ 100 %
Influent												
DBO ₅ ≤ 150		-	+++	+++	+++		+++++					
DBO ₅ ≥ 350		+++++	+++++				Mauvais	+++	+++			
Surcharge hydraulique passagère		Mauvais	+++				+++++					
Qualité sous-sol et sol			Etanché. artificiel.				Déterminant				Déterminant	Déterminant
Emprise globale pour 400 EH		500 m ²	2 000 m ²	550 m ²	550 m ²	200 m ²	6 000 m ²	1 800 m ²	2 600 m ²	3 000 m ²	8 000 m ²	7 000 m ²
Intégration paysagère		-	+++	-	-	-	+++++	-	+++++	+++++	+++++	Mauvaise
Pas de bruit		-	-	+++	+++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++	+++++
Adaptation aux climats froids				Mauvaise	+++		Mauvaise			+++	+++	
Variation de pop. > 3			+++		+++		+++		+++++	+++++	+++++	+++
Coût d'expl. (€ HT hab./an)												
100 EH				45,7		18,3	30,5	42,7	36,6	27,4	17,5	15,2
400 EH		18,3	9,9	11,4	11,4	4,5	7,6	10,7	9,1	7,6	4,5	3,8
1 000 EH		11,4	6,1	6,9	6,9	2,2	4,5	6,1	5,3			

⁶ Meilleures performances possibles si adaptations spécifiques.

⁷ Rendements variables avec le temps (Boutin C. 1998)

⁸ Performances supérieures à celles des autres procédés à cultures fixées sur supports fins mais difficilement mesurables